Linsenveränderungen durch ionisierende Strahlen

Literaturübersicht über klinische und experimentelle Ergebnisse

Manfred Hinterthaner

Aus der Augenklinik der Universität München
Direktor: Prof. Dr. Rohrschneider

LINSENVERÄNDERUNGEN DURCH IONISIERENDE STRAHLEN

Literaturübersicht über klinische und
experimentelle Ergebnisse

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
in der gesamten Medizin
verfaßt und einer
Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität
zu München

vorgelegt von
Manfred Hinterthaner
aus Königsberg (Pr.)

1959

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent: Prof. Dr. Rohrschneider

Dekan: Prof. Dr. E. Kolle

Tag der mündlichen Prüfung: 20. März 1959

UNI-Druck, München 13, Amalienstraße 85

Ziel und Zweck der Arbeit

Seit über 50 Jahren wird in der Literatur über Veränderungen in der Linse des Auges berichtet, die durch strahlende Energie verursacht werden. Die Veränderungen stellen Trübungen in der Linse dar, die als Strahlenkatarakt bzw. Strahlenstar bezeichnet werden.

In nachfolgender Arbeit soll eine Zusammenstellung der durch die Literatur bekannt gewordenen Strahlenkataraktfälle erfolgen. Ferner sollen experimentelle Ergebnisse angeführt werden, die zur Klärung verschiedener Fragen beitrugen, die im Zusammenhang mit der Ätiologie der Strahlenkatarakte auftraten.

Die Fallzusammenstellung und das Herausstellen der Versuchsergebnisse scheint deshalb notwendig zu sein, weil auch heute noch Strahlenschäden der Linse bekannt werden, die durch zweckmäßige Maßnahmen und geeignete Schutzvorrichtungen zum Teil hätten vermieden werden können.

Seite:

I. Klinische Beobachtungen über Strahlenkatarakte 1

A) Die Röntgen- und Radiumkatarakt 1

B) Die durch andere Strahlen hervorgerufene Katarakt 43

1) Die durch Beta-Strahlen verursachte Strahlenkatarakt 46

2) Strahlenkatarakte durch ionisierende Strahlen nach Unfällen in Strahlen-Instituten 51

3) Die durch Atombomben verursachte Strahlenkatarakt 56

II. Ergebnisse der experimentellen Forschung 65

1) Die Morphologie der experimentell erzeugten Strahlenkatarakt 67

2) Die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchungen 70

3) Zur Frage der geringsten Schädigungsdosis der Linse 76

4) Die Abhängigkeit der Linsenveränderungen von der Dosis 79

5) Vergleich der Strahlen verschiedener Qualität 87

6) Zur Frage der Empfindlichkeit der jugendlichen Linse 89

III. Zur Genese der Strahlenkatarakt 92

IV. Zusammenfassung 97

I. KLINISCHE BEOBACHTUNGEN ÜBER STRAHLENKATARAKTE

A) Die Röntgen- und Radiumkatarakt

Auf der Tagung der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft in Heidelberg berichteten im Jahre 1905 GUTTMANN (65) und TREUTLER (194) erstmalig in der Geschichte der Röntgenstrahlen über klinisch beobachtete Veränderungen in der Linse des menschlichen Auges, die sie als Folgeerscheinung einer ungewollten Röntgenstrahlenexposition zu erklären suchten.

GUTTMANN (65) hatte zwei Jahre zuvor einen Ingenieur untersucht, der sich viel mit der Herstellung von Röntgenröhren beschäftigt hatte und danach Sehstörungen verspürte. Er fand ätiologisch nicht erklärbare Tropfenbildungen in der hinteren Kortikalis beider Linsen.

TREUTLER (194) andererseits stellte bei einem Angestellten eines Röntgenlaboratoriums in Hamburg beiderseits eine hintere Polkatarakt fest. Während sein Patient vor der Anstellung als Röntgenarbeiter gut gesehen hatte, hatte er bei der unternommenen Untersuchung einen Visus von 6/60.

Vor dem Bekanntwerden dieser Wirkung der Röntgenstrahlen hatten schon CHALUPECKY (25), BIRCH-HIRSCHFELD (15) und SCHOLTZ (173) die Wirkung der Röntgenstrahlen auf das Auge experimentell untersucht, doch nie eine Veränderung an der Linse beobachtet. In dem Sitzungsbericht findet sich kein Anhalt, ob oder inwieweit Sitzungsteilnehmern die Veröffentlichung von TRIBONDEAU u. RECAMIER (195) vom 17. Juni 1905 in den Comptes Rendus de la Société de Biologie bekannt war. Diese wollten in ihren Untersuchungen die Frage klären, ob Röntgenstrahlen die vollständige Entwicklung der Retina verhindern könnten. Zu diesem Zweck hatten sie drei Tage nach der Geburt das Gesicht einer Katze bestrahlt. In verhältnismäßig kurzer Zeit konnten sie die Entwicklung dicker weißer Flocken in der Linse beider Augen beobachten, die mit einer schnellen Abnahme des Sehvermögens einherging.

Wenn auch in den Veröffentlichungen der folgenden Jahre von verschiedenen Autoren eine Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Linse angezweifelt wurde, da die experimentellen Versuche sie nicht offenbarte, so lieferte dennoch 1908 BIRCH-HIRSCHFELD (17) den nächsten klinischen Beitrag, und zwar den ersten nach therapeutischer Anwendung der Röntgenstrahlen. Er berichtet über eine sich erst 3 Jahre nach intensiver Bestrahlung entwickelnde Trübung der vorderen und hinteren Kortikalis bei einem 64-jährigen Patienten, der eines Kankroids der Haut und des äußeren linken Augenwinkels wegen bestrahlt wurde.

Nachstehende Aufstellung soll einen Überblick über die Veröffentlichungen

klinisch beobachteter Linsenveränderungen nach Röntgen- oder Radiumbestrahlung geben, soweit sie erreichbar waren oder überhaupt veröffentlicht wurden; denn man kann mit ziemlicher Sicherheit annehmen, daß eine große Zahl auf Strahlenschäden beruhender Stare besonders in der ersten Zeit der Strahlenära kannt oder nicht publiziert wurden. MAYOU (116) macht die Andeutung, daß bei einer Anzahl Röntgenologen, die in der ersten Zeit ohne Strahlenschutzeinrichtungen gearbeitet hätten, Linsenveränderungen gefunden worden seien. Au HOLZKNECHT (77) berichtet über eine Rundfrage der belgischen Röntgengesellschaft durch MAZLET und führt unter anderen Röntgenschäden bei Röntgenologen die Katarakt auf. Jedoch beschränken sich beide nur auf Hinweise ohne genaue Angaben.

Die Veröffentlichungen zeigen, daß die Katarakt nicht eine Sofortwirkung der Strahlen ist, sondern erst nach einem mehr oder weniger langen Intervall auftritt. Zu bedenken ist bei der Angabe über die Latenzzeit, daß der Begriff der Katarakt ein klinischer ist, der individueller Beurteilung unterliegt. Verschiedene Autoren haben den Zeitpunkt des Auftretens der vom Patienten subjektiv empfundenen Sehstörungen als Beginn der sich entwickelnden Katarakt, andere das Datum der klinischen Untersuchung angegeben. Oft hat sich der Patient aber erst bei vollständig ausgebildetem Star zur Untersuchung eingestellt. In anderen Fällen zog sich die Bestrahlung über eine so lange Zeitspanne hin, daß man nicht angeben kann, wann die Linse durch die zur Bildung einer Katarakt notwendige Dosis getroffen wurde, während es auch Angaben gibt, in denen sich die Katara noch vor Abschluß der Bestrahlungsbehandlung bildete und ganz bewußt im Interesse der Heilung des Grundleidens, als unter Umständen später zu korrigierender Nebenschaden hingenommen wurde, ROHRSCHNEIDER (152), KLAUBNER (89), MERRIAM u. FOCHT (121).

Wie die angegebene Latenzzeit nur mit gewissen Einschränkungen gültig ist, so ist auch die angegebene Dosis, wenn sie überhaupt feststellbar war, in jedem Fall nur als ein Näherungswert anzusehen. Grundsätzlich muß man die von der Linse tatsächlich absorbierte Dosis von der Einfallsdosis unterscheiden. Für die Ausbildung einer Linsentrübung ist nur die Absorptionsdosis ausschlaggebend, die sich weder aus den Angaben der Veröffentlichungen, noch bei der Bestrahlung selbst bestimmen läßt und von folgenden Faktoren abhängt:

1. Einfallsdosis,
2. Qualität der Strahlen,
3. Lage und Größe der Bestrahlungsfelder,
4. Größe und Form des Schädels und Dicke der Weichteile,
5. Berücksichtigung der Schutzvorrichtungen.

Die Absorptionsdosis ist stets geringer und besitzt auf Grund des Filtereffektes de

TABELLE I

Klinische Kataraktfälle nach Bestrahlung mit Röntgen- und Radiumstrahlen

Autor	Jahr der Publikation	Zahl der Fälle	Diagnose, die zur Bestrahlung Anlaß gab	Dosis	Latenzzeit	Linsen-Befund
Guttmann (65)	1905	1	Berufsschädigung			Tropfenbildung in d. hint. Kortikalis beider Linsen
Treutler (194)	1905	1	Berufsschädigung			bds. hint. Polkatarakt
Birch-Hirschfeld (17)	1908	1	Kankroid d. Haut d. äuß. Augenwinkels, li.	30 Min. intensive Rö.-Bestrahl.	3 Jahre n. Bestrahl.	schnell fortschreitende wolkige Trübungen d. vord. u. hint. Kortikalis mit einzelnen Speichen
Paton (131)	1908	1	Lupus d. Gesichts	Rö.-Bestrahl. re. 20 Sitzungen, li. 18 Sitzungen	6 Jahre	bds. dichte graue Flecken in d. hint. Kortikalis, zerstreut auch in d. übrigen Linsenanteilen
Herzau (71)	1908	3				feine weiß-blaue Linsentrübungen
Stock (180)	1911	3	intrauterine Bestrahl. v. 3 Föten bei künstl. Geburtseinleitung	Rö.-Bestrahl. d. Mütter: 1) 24, 2) 72, 3) 96 Min.		Befund ähnelt einer Cat. zonularis
Axenfeld (10)	1916	1	Glioma retinae	23 Rö.-Bestrahl., Einzeldos. 10-35 X[1)] u. Mesothorium	9 Mon.	beginnende Linsentrübung
Terrien (190)	1919	1	Lidkankroid			Cat. post. auf d. bestrahlten Seite (n.R.)
Kusama[2)] (100)	1919	3	Glioma retinae	Rö.-Bestrahl. 464-486 H[1)] Ra.-Bestrahl. 2xwöchtl. 0.99 g, 30-40 Std.	2 1/4 Jahre	beim jüngsten Kind Linsenverkalkung (n.P.)
Schoenberg (171)	1919	1	Glioma retinae	in gut 2 Jahr. 291 Mill. cur., 26 1/2 Std.	ca. 1 Jahr n. d. letzt. Bestrahl.	hint. Polkatarakt
Wilkinson (206)	1920	1	Lupus erythematodes d. Wangen u. d. Nase	60 Rö.-Bestrahl.	2 1/2 Jahre	bds. leichte Wolkenbildung
Aschenheim (7)	1920	1	intrauterine Bestrahl. d. Frucht, da b. d. Mutter Verdacht a. Myom bestand	4-5 1stünd. Rö.-Tiefenbestrahl. v. Ende Mens I ab	3 1/2 Jahre n. d. Geburt	Mikrophthalmus bds., re. schalenförmige Trübung
Salzer (164)	1921	1	Ca.-Meta. od. prim. Sarkom li.	30 Rö.-Bestrahl. insges. 2 HED	9 1/2 Mon.	Linse diffus getrübt, Beschläge auf d. vord. Kapsel

1) Fußnoten s. Seite 31 u. 32

Autor	Jahr der Publikation	Zahl der Fälle	Diagnose, die zur Bestrahlung Anlaß gab	Dosis	Latenzzeit	Linsen-Befund
v. Horay (78)	1922	1	Sykosis d. li. Gesichtshälfte	1917 4 Rö.-Bestrahl. ohne Augenschutz, 1920 8 Rö.-Bestrahl. mit Bleischutz in mtl. Abstand	1 1/4 Jahre	bds. Cataracta corticalis posterior centralis
Birch-Hirschfeld (18)	1923	1	Aderhautsarkom	9 Serien Rö.-Bestrahl., je Serie 750 F[1] = 2,5 HED, 5-7 Felder	3 Jahre n. Beginn d. Bestrahl.	zarte, strichförmige subkapsul. Trübungen u. gröbere punktförm. d. hint. Rindenschicht
Dor (44)	1923	1	Konjunktivitis vernalis	3 Sitzungen zu 6 Min. 4 Einh. B	3 Jahre	bds. Katarakt
Pfahler (134)	1924	1	retrobulbäres Sarkom	4 Rö.-Bestrahl., 5 mA 20 Min. 6 mm Al-Filter, Fokus-Haut-Abst. 30 cm, 5 Felder	7 Jahre	Katarakt
Ziegler (209)	1924	1	supraorbitale Sarkom			Katarakt (n. Cl.)
Urbanek (200)	1924	1	Körnerkatarrh	1 x 12 Std. transpalpebrale Radiumapplikat.	3 Jahre	Cat. cort. post., Linsenkern frei, an d. Oberfläche d. Trübung lebhaftes Schillern u. Blitzen
Knapp (92)	1925	1	Glioma retinae	Rö.-Bestrahl. 23 Sab.[1] in 2 Jahren u. Ra.-bestrahl.	2 Jahre n. d. letzt. Bestrahl.	leichte scheibenförmige Trübung am hint. Pol
Salus (163)	1925	1	Solitärtuberkel d. Aderhaut	Rö.-Bestrahl.		Strahlenkatarakt
		2				Strahlenkatarakt
Scheerer (167)	1925	3	Iridozyklitis	Rö.-Bestrahl. 1) 30%, 2) re. 95%. li. 80%, 3) 180% HED	1) 2 Jahre 2) re 10, li. 8 Mon. 3) 2 Jahre	1) re. Katarakt 2) re. beg. hint. Schalenkatarakt li. sich rasch bild. Katarakt 3) re. Katarakt
		1	Sarkom d. Orbita li.	1 x 100-110 HED, li.; re. 80 HED mitbestr.?	3 Jahre	li. mature Katarakt re. beginnende Schalenkatarakt

Autor	Jahr der Publikation	Zahl der Fälle	Diagnose, die zur Bestrahlung Anlaß gab	Dosis	Latenzzeit	Linsen-Befund
Ascher (8)	1925	1	Sklerallymphom	Rö.-Bestrahl. etwa 1 HED	8 Jahre	typische zentrale Trübung d. hint. Rinde
Robinson (144)	1926	1	Sarkom am Unterlid	in 2 Sitzungen 3000 mg/h Gamma - strahlen 3 cm Abst.	3 Jahre	Katarakt
		1	Epidermoid-Karzinom re. Orbita		4 Jahre	Katarakt (kann auch auf Grund d. Diabetes d. Pat. entstanden sein)
v. Horay (79)	1926	1	Lupus d. Gesichtes	Rö.-Bestrahl. 60% HED 3 mm Al-Filter 19 cm Fokusabstand, 7 x in 12 Jahren		typische Trübung (Cat. cort. centr. post.)
Scheerer (168)	1926	1	Lupus faciei	in 4 Jahren mehrfache Rö.-Bestrahl., Einzeldos. 50-70 HED	3 Jahre n. d. letzt. Bestrahl.	bds. hint. Polkatarakt
		1	Lupus im re. Augenwinkel	1922-24 7 Rö.-Bestrahl.	2 Jahre n. letzt. Bestrahl.	re. typische Katarakt
Curron (37)	1926	2		Ra.-Bestrahl.		Katarakt (n. L.)
Holm (76)	1926	7		Ra.-Bestrahl.		Katarakt, teils progressiv
Davids (38)	1928	1	Aderhautsarkom	3 x Rö.-Bestrahl. in 1 Jahr, 80-85%, 50-55% u. 30% HED		hint. schalenförmige Kortikalistrübung
Fleischer (56)	1928	1	Bestrahl. d. Hals- u. Unterkieferwinkeldrüsen	intensive Bestrahl.	10 Jahre	Katarakt
Axenfeld (11)	1928	1	bds. Glioma retinae	relativ kleine Dosen hartgefilterter Rö.-Strahlen	2 1/2 Jahre	hint. Polschale nicht ähnlich d. Glasbläserstar
Jess (84)	1928	1	Hypophysentumor	3 Rö.-Bestrahl. in 1/4 Jahr, etwa 6 x 100% HED	3 1/2 Jahre	bds. typische hint. Schalenkatarakt
		1	Nasen-Rachen-Fibrom	Rö.-Bestrahl. mit 2 x 75% u. 1 x 100% HED v. bd. Gesichtsseiten u. Nacken	3 1/2 Jahre	bds. typische Strahlenkatarakt

Autor	Jahr der	Zahl der	Diagnose, die zur Bestrahlung Anlaß gab	Dosis	Latenzzeit	Linsen-Befund
[illegible]	[illegible]	1	Nasenrachenfibrom	in 9 Jahren 9 Rö. -Tiefenbestrahl.	3 Jahre n. d. letzt. Bestrahl.	scheibenform. Trübung am hint. Pol
		1	Verletzung d. Bindehaut, Symblepharon	2 Radiumeinlagen v. je 3 Std.	9 Jahre	Strahlen-Katarakt
		7	Gesichtslupus	1) mehrere Rö. -Bestrahl.		1) re. am hint. Pol subkapsuläres Trübungsgebiet
				2) Rö. - u. Radiumbestrahl.		2) geringgradige Trübung am hint. Pol
[illegible] (147)	[illegible]	1	Nasenrachenfibrom	in 1/4 Jahr 11 Rö. -Bestrahl. zu 60% HED u. 1 Einzelbestrahl.	3 Jahre	bds. scheibenform. Trübung am hint. Pol u. reichlich vord. u. hint. subkapsuläre Vakuolen
Stock (182)	1928	1	Rundzellensarkom d. Orbita	1 x 110% HED ohne Augenschutz	2 Jahre	li. Katarakt
		1	Exsudatives Exzematoid	in 4 Jahren 8 Rö. -Bestrahl. Gesamtdosis 800r = 145% HED (n. R.)	2 1/4 Jahre n. d. letzt. Bestrahl.	ausgesprochene Trübung d. hint. Rinde besonders im Pupillargebiet
Erggelet (48)	1928	7	Berufserkrankung		3 Jahre	rundl. Bläschen unter d. vord. u. hint. Kapsel, dichte weiße Trübungen da u. dort
[illegible]	[illegible]	1	Spindelzellsarkom am äuß. Orbitalrand	in 3 Jahren 4a. -Bestrahl. 4902 Mill. cur. 2 mm Zn-Filter 3 cm Entf.	n. Bestrahl.	Trübung in d. hint. Kortikalis, vorwiegend in d. äuß. Hälfte, gelblich-grün schillernd
Scardapane (166)	1929	1	Orbitaltumor		7 Jahre	am vord. u. hint. Pol dichte Trübungen d. Rindenschichten u. unregelmäßigen Trübungsflecken in d. "subkortikalen" Schichten (n. R.)
Michail (123)	1929	1	Lupus vulg. d. Gesichtes u. d. Nase mit karzinom. Entart. Epithelioma palp. sup.	in 3 Jahren Rö. -Bestrahl.	1 Jahr	mature Katarakt
		1				re. Cat. subkapsularis
Kümmel u. v. Salzmann (99)	[illegible]	1	Lidepitheliom	Ra. -Bestrahl. für lange Zeit	10 Jahre	Total-Star

Autor	Jahr der Publikation	Zahl der Fälle	Diagnose, die zur Bestrahlung Anlaß gab	Dosis	Latenzzeit	Linsen-Befund
Fleischer (56)	1929	1	Glioma retinae	in 1 1/2 Jahren Rö. -Bestrahl. re. 320% HED	3/4 Jahr n. d. letzt. Bestrahl.	scharf umschriebene Trübung in d. hint. Rindenschicht etwa im Pupillarbereich
de Vries (204)	1929	5	Lidkarzinom	1) 700 mgh Ra. -Bestrahl. 2+3) 36 H Rö. - u. 900 mgh Ra. -Bestrahl. 4+5) 3000 mgh Ra. - " (1 HED = 36 H, 1/2 mm Cu+ 1 mm Al-Filter 20 cm Abst.)	1 - 5) 5 Jahre oder länger	1) Cat. supcaps. post levior 2+3) " " " " 4+5) Cat. matura
Knapp u. Lüdin (93)	1929	1	Gliomae retinae	in 3 Jahren 11 Sitzungen Rö. -Bestrahl. v. insges. 23 Sab. u. 1 x 24 Std. Ra. -Bestrahl.	2 Jahre	Scheibenförm. Trübung d. hint. Kortikalis
Gualdi (63)	1930	1	Xeroderma pigmentosum im Gesicht	in 3 Jahren Rö. -Bestrahl. 100% HED harter u. 50% HED weicher Strahlen, je Feld 35% HED, mitl. Abst., u. 13 x 10 mg Ra. -Bestrahl. f. 45-60 Min.	n. d. Bestrahl.	re. diffuse, graue Trübungen d. hint. Kortikalis, li. hint. Schalenkatarakt geringer Dichte
		1	Lupus erythematosus d. Gesichts	in ca. 3 1/2 Jahren 9 Rö. -Bestrahl. v. insges. 190% HED auf jede Gesichtsseite, 1/2 mm Zn, 2 Al-Filter, Ra. -Bestrahl. 1 x 10 mg f. 1 Std. u. 45 x 6 mg f. 35 Min., 1/10 mm Al-Filt.	4 Jahre n. Beginn d. Bestrahl.	bds. hint. Polkatarakt
Peter (133)	1930	1	Melanosarkom am Limbus corneae, re.	Rö. -Bestrahl. 50 X (Sab.) 2 mA, 2 mm Al. -Filter Fokusabst. 25 cm, 25 Min.	8 Jahre	totale Trübung d. hint. Rinde
		1	rezidiv. Neurofibrom d. Oberlides, re.	3 x 150% HED Rö. -Bestrahl.	6 Jahre	subkapsuläre Trübungen vorn u. scheibenförm. Trübung am hint. Pol
Quick (138)	1930	4	Frühjahrskatarrh	1) in 3 Jahren 5 Ra. -Bestrahl.	4 Jahre n. d. letzt. Bestrahl.	bds. irreguläre, diffuse Trübungen
				2) in 3 Jahren 5 Ra. -Bestrahl.	1 Jahr n. d. letzt. Bestrahl.	li. beginnende Trübung
				3) 1 x stark gefilterte Ra. -Bestrahl., 1 cm Entf.	5 Jahre	bds. Katarakt
				4) re. 16, li. 15 Ra. -Bestrahl. in 10 Jahren (Kontaktbestr.)	1 Jahr n. d. letzt. Bestrahl.	li. beginnende, langsam progrediente Trübung

Autor	Jahr der Publikation	Zahl der Fälle	Diagnose, die zur Bestrahlung Anlaß gab	Dosis	Latenzzeit	Linsen-Befund
Bergrad [19]	1931	4	Lidkarzinom	Ra. -Bestrahl. 12 - 151mg [illegible]. 20 Std., in 3 Fällen [illegible]eine Bulbusabdeckung in [illegible] 1/2 mm Bleiprothese	1) 9 Jahre 2) 8 Jahre 3) 1/2 Jahr 4) 5 Jahre	1) nukleäre Katarakt 2) Katarakt; am anderen Auge anfängliche Katarakt 3) Katarakt 4) anfängliche poläre Katarakt
Müller (127)	1931	1	Karzinom am Limbus corneae re.	Rö. -Bestrahl. 3 x 20 X, 3 mm Al-Filter, 18 Min.	2 1/2 Jahre	spinnwebähnliche Trübungen d. vord. Kapsel u. hint. Polkatarakt
		1	Limbuskarzinom li.	Rö. -Bestrahl. 2 x 10 X, 3 mm Al-Filter, 9 Min. u. 3 x 20 X, 3 mm Al-Filter, 18 Min. Fokusabst. stets 20 cm	4 Jahre	Trübungen d. vord. u. hint. Linsenpartien mit Vakuolen
Moore (126)	1931	1	Sykosis d. Kopfhaut, d. Gesichtes u. d. Nackens	Rö. -Bestrahl. fast 12 Sab.	3 Jahre	bds. scheibenförm. Trübung d. hint. Kortikalis
Nordmann (128)	1931	1	Mikrosporie	1 x weiche Rö. -Bestrahl.	3 Jahre	bds. subkortikale Katarakt
Vogt (202)	1931	1	vaskularisiertes Karzinom d. Limbus, re.	4 Rö. -Bestrahl. v. 100, 50, 100, 100% HED, Härte 180 (1 x 160), Filter 3mm Al, (1 x 2 mm)	1 Jahr n. d. 2 ersten Bestrahl.	re. feine Trübungen u. Vakuolen im Bereich d. hint. u. vord. Pols, subkapsulär liegend
Antonibon (6)	1931	1	Exzem d. Gesichtes	Rö. -Bestrahl. 2 x 15 Min.	3 Mon.	bds. Katarakt
Mayou (116)	1931	1	Exophthalmus b. Mb. Basedow	Rö. -Bestrahl. ohne Augenschutz		mature Katarakt
Treacher Collins (193)	1931	1	Berufserkrankung	Rö. -Bestrahl.		bds. hint. Polkatarakt
Adamantiadis (4)	1932	1	Lupus	Rö. -Bestrahl. 10 x	1 Jahr	diffuse kapsuläre u. subkapsuläre Trübungen am hint. Pol
Vogt (203)	1932	1	Hornhautulceration, re.	Rö. -Bestrahl., in 3 Sitzungen 140% HED	3 Jahre n. d. Bestrahl. 5 Jahre n. d. Bestrahl.	re. erkranktes Auge, dichte hint. subkapsuläre Röntgenkatarakt li. hint. subkapsuläre paraaxiale Scheibentrübung
Knapp (91)	1932	1	Hauteruption am äuß. Kanthus, li.	Ra. -Bestrahl.	2 Jahre n. d. Bestrahl.	li. schwache Trübung d. hint. Rinde

Autor	Jahr der Publikation	Zahl der Fälle	Diagnose, die zur Bestrahlung Anlaß gab	Dosis	Latenzzeit	Linsen-Befund
Lebensohn (102)	1932	1	Akne	intensive Rö.-Bestrahl.	6 Jahre	bds. charakteristische hint. Kortikaltrübung
Rohrschneider (152)	1932	2	Hämangiom d. Orbita	1)Rö.-Bestrahl. ca. 200% HED, Ra.-Bestrahl. 252mgh 2)Rö.-Bestrahl. 50, 75, 80, 100% HED, harte Filterung u. 3 Ra.-Bestrahl. filterlos 48, 96 mgh	1)2 1/2 Jahre n. Beginn d. Bestrahl. 2)1 Jahr n. d. Bestrahl.	1) hint. scheibenförm. Poltrübung, netzförm. Trübung vor d. hint. Kapsel 2) Trübung am hint. Pol
		2	Hypophysentumor	1)Rö.-Bestrahl. 4 x 75% HED bei harter Filterung in 1 1/2 Jahren 2)Rö.-Bestrahl. 3 x 4 Felder zu 75% HED bei harter Filterung	1)2 Jahre n. d. letzt. Bestrahl. 2)4 Jahre n. d. letzt. Bestrahl.	1) bds. scheibenförm. hint. Poltrübung mit Farbenschillern 2) bds. Linsentrübungen am hint. Pol
		1	Osteom d. Oberkiefers, li.	Rö.-u. Ra.-Bestrahl.	3 1/2 Jahre n. Beginn d. Bestrahl.	li. totale Linsentrübung
		1	Karzinom d. Unterlides, re.	in 2 Jahren 2 Serien Rö.-Bestrahl., 7 x 66% HED, 1mm Al-Filter, 6 x 120-180% HED, 1mm Al-Filter; anschließend 3 Ra.-Bestrahl.	2 Jahre n. d. letzt. Bestrahl.	re. flache, grau-gelbe Trübung vor d. hint. Linsenkapsel li. Speichentrübung in d. vord. u. hint. Rinde
de Schweinitz (175)	1932	1	epibulbäres Sarkom	2 Ra.-Bestrahl. mit 0.5 mm Al-Filter	3 Jahre n. d. Bestrahl.	scheibenförm. Trübung am hint. Pol mit feinen Trübungen unter d. vord. Kapsel
		1	epibulbäres Melanosarkom	10 Ra.-Bestrahl.	1 Jahr n. d. letzt. Bestrahl.	Trübungen unter d. vord. Kapsel
		1	Frühjahrskatarrh	Ra.-Bestrahl.		Linsentrübung (n. Cl.)
Milner[3] (124)	1933	2	Ulcus rodens d. Lides	1)Ra.-Bestrahl. 624mgh 2)Ra.-Bestrahl. 1188mgh	1) 5 Jahre 2) 4 Jahre	1) hint. Polkatarakt 2) hint. Polkatarakt
Milner (125)	1934	2	hinteres Nasensarkom	1)12 Rö.-Tiefenbestrahl. 2)18 Rö.-Tiefenbestrahl.		1)bds. Röntgenkatarakt 2)bds. Röntgenkatarakt
		1	Myelom d. Maxilla	24 Rö.-Tiefenbestrahl.	2 Jahre	bds. Röntgenkatarakt
		1	Stirnbeinsarkom, li.	22 Rö.-Tiefenbestrahl.		bds. Röntgenkatarakt
		1	Neoplasma d. Nase	mehr als 12 Rö.-Tiefenbestrahl.		bds. Röntgenkatarakt
		1	Lupus d. Nase	Rö.-Bestrahl.		re. Röntgenkatarakt
		1	Nasopharyngiom	12 Rö.-Tiefenbestrahl. u. Ra.-Bestrahl. 1512mgh		re. Strahlenkatarakt
		1	Glioma retinae	12 Rö.-Tiefenbestrahl. u. Ra.-Bestrahl. 2700mgh		Strahlenkatarakt
		1	Epitheliom d. re. Wange	12 Rö.-Tiefenbestrahl. u. Ra.-Bestrahl. 3432mgh		bds. Strahlenkatarakt

Autor	Jahr der Publikation	Zahl der Fälle	Diagnose, die zur Bestrahlung Anlaß gab	Dosis	Latenzzeit	Linsen-Befund
Miller[3] (Fortsetzung)	(1934)	1	Ulcus rodens d. Lides	Ra.-Bestrahl. 14370mgh		bds. Radiumkatarakt, li. weiter fortgeschritten
		1	Ulcus rodens d. Lides	Ra.-Bestrahl. 2747mgh		Vakuolen d. hint. Kortikalis
		1	Limbusmelanom	Ra.-Bestrahl. 41°6mgh		einige Vakuolen
Engelking (47)	1935	1	intrauterine Bestrahl. d. Frucht, da bei d. Mutter angeblich ein Myom u. Parametritis re. bestand	2 Rö.-Tiefenbestrahl. in Mens 2-3 15 Min. u. 10 Min. je 135 kV, 4 mA, 30 cm Abst., 0,5 mm Zn-Filter; d. Uterus wurde v. etwa 1/3 HED getroffen	1 Jahr u. 5 Mon. n. d. Geburt	re. Mikrophthalmus, Linse in d. hint. Rindenschichten gleichmäßig getrübt, li. kein path. Linsenbefund
Grzedzielski (62)	1935	1	Trichophytia profunda barbae	3 Rö.-Bestrahl. in wöchentl. Abst.	3 Jahre	bds. subkapsuläre Trübungen mit Vakuolen
Leinfelder u. Kerr (103)	1936	1	Adamantinom d. Siebbeinregion, re.	re. Orbita: Rö.-3200 r u. Ra.-Bestrahl. 1401mgh li. Orbita: Rö.-Bestrahl. 1400 r	25 Mon. n. d. letzt. Bestrahl.	diffuse irreguläre Trübungen d. vord. subkapsulären Region; in d. hint. subkapsulären Region fand sich eine typische untertassenförmige Cat. compl. li. hint. Poltrübung von ca. 3 mm Durchmesser
		1	Fibrosarkom d. Orbita, li.	Rö.-Bestrahl. 3800 r, davon trafen etwa 1350r d. re. Orbita	ca. 28 Mon. n. d. letzt. Bestrahl.	li. irreguläre Anhäufungen punktform. Trübungen unter d. hint. Kapsel
Klaubner (89)	1936	1	entzündlicher Lipoidtumor um d. re. Auge	in 3 Jahren Rö.-Bestrahl. insgesamt 5400 r, 0,5 mm Cu + 1 mm Al-Filter, Fokusabst. 40 cm	ca. 2 1/2 Jahre n. d. ersten Bestrahl.	beginnende scheibenförm. hint. gut begrenzte Kortikalkatarakt
		1	Gesichtsakne	9 x Rö.-Bestrahl.	10 Jahre	re. umschriebene hint. subkapsuläre Linsentrübung, li. am hint. Pol unregelmäßige Faserung u. dunkle Punkte
Tschirkowsky u. Dymschitz (198)	1937					Strahlenkatarakt
Reese (141)	1939	111 Augen				Strahlenkatarakt
Roesch (146)	1939	1	Kraniopharyngiom	Rö.-Bestrahl.		li. typische subkapsuläre Trübung an d. hint. Schale

Autor	Jahr der Publikation	Zahl der Fälle	Diagnose, die zur Bestrahlung Anlaß gab	Dosis	Latenzzeit	Linsen-Befund
van d. Hoeve (75)	1939	1	leukämischer Tumor d. Tränensackes	Rö.-Bestrahl.	1 Jahr	hint. Rindenkatarakt
		1	Hauterkrankung	Rö.-Bestrahl., Bleischutz d. Augen		bds. hint. Rindenkatarakt
Krückmann (97)	1940	1	Hypophysentumor	1922/23 5 Rö.-Bestrahl. mit rel. hohen Dosen, 1926 2 Rö.-Bestrahl.	Sehverschlechterung n. vor 1926	re. 1930 Linse extrahiert, li. 1939 diffuse grau-weiße Trübung, tiefere Teile nicht einzusehen
Tóth (191)	1941	1	Blepharoconjunctivitis chron.	Rö.-Bestrahl. 120% HED	7 Jahre	bds. unterhalb d. Kapsel in d. Rinde aus kleinen Vakuolen u. Punkten bestehen de scharf begrenzte Trübung
Hunt[5] (81)	1947	3	Lidkarzinom	1) Ra.-Bestrahl. 16,5mg für 120 Std. = 1980 mgh, 0.5 mm Pt-Filter	6 Mon. n. d. Bestrahl.	sehr progressive Katarakt
					8 Jahre n. d. Bestrahl.	Katarakt auf d. nicht bestrahlt. Auge
				2) Ra.-Bestrahl. 5400mgh, 1 mm Pt-Filter	8 Jahre n. d. Bestrahl.	Katarakt
				3) Ra.-Bestrahl. 960mgh	5 Jahre n. d. Bestrahl.	beginnende Katarakt
		1	Hyperkeratosis d. Oberlides	Rö.-Bestrahl. 875 r, 130 kV, 1 mm Al-Filter	5 Jahre n. d. Bestrahl.	beginnende Katarakt
		1	nicht histologisch bestimmte Läsion d. Unterlides	Rö.-Bestrahl. 6 x 800 r, 130 kV, 1 mm Al-Filter	2 Jahre n. d. Bestrahl.	Totalstar
Schulz u. Heath (174)	1948	1	Lymphom d. Orbita	Rö.-Bestrahl. 1200 r, wahrscheinlich: 200 kV, 25 mm Cu-Filter, Abst. 20 cm	5 Jahre n. d. Bestrahl.	Katarakt
Meyer (122)	1949	1	Berufsschädigung	Rö.-Bestrahl. geringer Intensität über mehr als 8 Jahre	ca. 8 Jahre	re. mäßig dichte scheibenförm. Trübung d. hint. Rindenschichten, li. minimale, graue auch bläulich reflektierende Trübungen in d. Peripherie
Knüpffer (94)	1950	1	Hypophysentumor	Rö.-Kreuzfeuerbestrahl. insgesamt 13 365 r, 200 kV, 6 mA, 0,5 Cu-Filter, Abst. 40 cm	4 Jahre	bds. beginnender Star in Form einer scheibenförm. Trübung am hint. Pol mit scharfer Abgrenzung nach vorne u. subkapsuläre Vakuolen; li. stärker entwickelt

[illegible]	Jahr der Publikation	Zahl der Fälle	Diagnose, die zur Bestrahlung Anlaß gab	Dosis	Latenzzeit	Linsen-Befund
[illegible]	1951	1	phlegmonöse Akne am Kinn, Wangen u. hinter d. re. Ohr	Rö.-Bestrahl. 1400 r in 8 Mon.	2 1/2 Jahre	bds. Röntgenstar
[illegible]	1952	7		[illegible]. -oder Gamma-Bestrahl.		Strahlenkatarakt
[illegible]	1953	1	Lymphom d. Konjunktiva	Rö.-Bestrahl. 600 r, 200 kV	2 1/2 Jahre	scheibenförm. Trübung am hint. Pol ca. 5 mm
		1	malignes Lymphom d. Konjunktiva, re.	Rö.-Bestrahl. 800 r, 200 kV	4 1/2 Jahre	granulierte Trübung am hint. Pol ca. 2 mm
		1	Lymphosarkom d. Unterlids u. d. Konjunktiva, li.	Rö.-Bestrahl. 1000 r, 200 kV	10 Jahre (nicht früher gesehen)	Trübung am hint. Pol
		1	Basalzellenkarzinom d. Nasenflügel	Rö.-Bestrahl. ca. 2400 r, 200 kV	1 1/3 Jahre	mature Katarakt
		1	Lymphosarkom d. Orbita u. Tränendrüse, li.	Rö.-Bestrahl. 2400 r, 1200 kV	3 Jahre	mature Katarakt
		1	Hämangiom am inneren Lidwinkel	Rö.-Bestrahl. 900 r, 50 - 125 kV	3 Jahre	hint. Poltrübung
Mc Donald, Hughes[7] u. Pfeiffer (43)	1955	1	vaskularisierende Keratitis	Rö. - 900 r, 130 kV, u. Ra.-Bestrahl. 400 r, 1 Jahr danach 39 gsek. Beta-Radon	5 Jahre n. d. Beta-Bestrahl.	hint., subkapsuläre, granuläre, bernsteinfarbene Trübung
Litricin u. Blagojevic (108)	1956	1	Mykosis d. Kopfhaut	Rö.-Bestrahl.	8 Jahre	bds. Trübungen
		1	Kopfhautaffektion	Rö.-Bestrahl.	4 Jahre	bds. Trübungen
		1	Trachom u. Kopfgrind	Rö.-Bestrahl.	6 Jahre	re. Aphakie mit leichtem Nachstar, li. Trübungen
		1	Naevus flammeus	2 Rö.-Bestrahl. im Abst. v. 7-8 Mon.	3 Jahre	re. im Polbereich unregelmäßige Trübungen auf d. vord. Linsenkapsel, li. verdickte hint. Kapsel, Cataracta reducta
Merriam u. Focht[8] (121)	1957	23	Retinoblastom	1) Rö.-Bestrahl. 560 r	[illegible] Jahr 7 Mon.	stationäre Katarakt
				2) " 560 r	4 " 1 "	stationäre Katarakt
				3) " 560 r	[illegible] " 6 "	fortschreitende Katarakt
				4) " 650 r	2 " 3 "	stationäre Katarakt
				5) " 850 r	3 " 7 "	stationäre Katarakt
				6) " 900 r	[illegible] " 9 "	stationäre Katarakt
				7) " 900 r	3 " 2 "	fortschreitende Katarakt
				8) " 900 r	4 " 7 "	fortschreitende Katarakt
				9) " 900 r	3 " 8 "	stationäre Katarakt

Autor	Jahr der Publikation	Zahl der Fälle	Diagnose, die zur Bestrahlung Anlaß gab	Dosis	Latenzzeit	Linsen-Befund
Merriam u. Focht (Fortsetzung)	1957		Retinoblastom	10) Rö. -Bestrahl. 900 r	4 Jahre 9 Mon.	Katarakt, Progredienz nicht bestimmbar (Progr. n. best.)
				11) " 900 r	2 " 8 "	fortschreitende Katarakt
				12) " 900 r	3 " 4 "	stationäre Katarakt
				13) " 900 r	6 " 9 "	stationäre Katarakt
				14) " 900 r	3 " 6 "	stationäre Katarakt
				15) " 900 r	1 " 7 "	fortschreitende Katarakt
				16) " 900 r	1 " 8 "	fortschreitende Katarakt
				17) " 900 r	1 " 7 "	fortschreitende Katarakt
				18) " 550 r in 1 Jahr 3 Mon.	4 " 9 "	stationäre Katarakt
				19) Rö. -Bestrahl. 900 r	3 " 10 "	stationäre Katarakt
				20) " 2150 r in 9 Mon.	1 "	fortschreitende Katarakt
				21) Rö. -Bestrahl. 2700 r in 1 Jahr 7 Mon.	1 " 9 "	fortschreitende Katarakt
				22) Rö. -Bestrahl. 2700 r in 1 Jahr 2 Mon.	6 "	fortschreitende Katarakt
				23) Rö. -Bestrahl. 6900 r in 2 Jahr. 3 Mon.	1 "	fortschreitende Katarakt
		6	Basalzellenkarzinom d. Lides	1) Ra. -Bestrahl. 200 r	22 " 1 "	stationäre Katarakt
				2) " 500 r	8 " 3 "	fortschreitende Katarakt
				3) " 500 r	8 " 7 "	stationäre Katarakt
				4) " 660 r	4 " 7 "	fortschreitende Katarakt
				5) " 750 r	1 " 1 "	Katarakt, Progr. n. best.
				6) " 800 r	4 " 1 "	fortschreitende Katarakt
		6	Basalzellenkarzinom d. Nase	1) " 200 r	19 " 2 "	stationäre Katarakt
				2) " 550 r	8 " 7 "	fortschreitende Katarakt
				3) " 650 r	5 " 6 "	stationäre Katarakt
				4) " 660 r	2 " 10 "	fortschreitende Katarakt
				5) " 700 r	8 " 7 "	stationäre Katarakt
				6) " 1950 r	2 " 2 "	fortschreitende Katarakt
		37	Basalzellenkarzinom d. Gesichtes oder d. Wangen	1) " 300 r	2 " 6 "	Katarakt, Prog. n. best.
				2) " 350 r	2 " 11 "	stationäre Katarakt
				3) " 650 r	4 " 2 "	fortschreitende Katarakt
				4) " 650 r	4 " 5 "	stationäre Katarakt
				5) " 700 r	2 " 11 "	fortschreitende Katarakt
				6) " 800 r	2 " 3 "	fortschreitende Katarakt
				7) " 1050 r	2 " 11 "	fortschreitende Katarakt
				8) " 450 r	6 " 2 "	stationäre Katarakt
				9) " 530 r	4 " 2 "	Katarakt, Prog. n. best.

Autor	Jahr der Publikation	Zahl der Fälle	Diagnose, die zur Bestrahlung Anlaß gab	Dosis	Latenzzeit	Linsen-Befund
Merriam u. Focht (Fortsetzung)	1957		Basalzellenkarzinom d. Gesichtes oder d. Wangen	10) Ra. -Bestrahl. 600 r	4 Jahre 7 Monate	stationäre Katarakt
				11) Rö. - " 800 r	1 " 2 "	Katarakt, Prog. n. best.
				12) Ra. - " 800 r	5 " 6 "	stationäre Katarakt
				13) " 950 r	3 "	Katarakt, Prog. n. best.
				14) " 1050 r	7 " 4 "	fortschreitende Katarakt
				15) " 1400 r	6 " 6 "	stationäre Katarakt
				16) " 1450 r	6 " 2 "	fortschreitende Katarakt
				17) " 1700 r	4 " 9 "	fortschreitende Katarakt
				18) " 1750 r	3 "	fortschreitende Katarakt
				19) " 1800 r	3 " 3 "	fortschreitende Katarakt
				20) " 2000 r	6 " 7 "	fortschreitende Katarakt
				21) " 2000 r	1 " 4 "	fortschreitende Katarakt
				22) " 2350 r	5 " 5 "	Katarakt, Progr. n. best.
				23) " 2400 r	2 " 3 "	fortschreitende Katarakt
				24) " 2400 r	3 " 2 "	fortschreitende Katarakt
				25) " 2950 r	2 "	fortschreitende Katarakt
				u. Rö. " 50 r		
				26) Ra. - " 3300 r	3 " 4 "	fortschreitende Katarakt
				27) " 6100 r	2 " 6 "	fortschreitende Katarakt
				28) " 4000 r	2 " 6 "	fortschreitende Katarakt
				29) " 550 r	3 " 8 "	fortschreitende Katarakt
				30) " 750 r	3 " 10 "	fortschreitende Katarakt
				in 2 Jahr. 9 Mon.		
				31) Ra. -Bestrahl. 1350 r	[illegible] " 6 "	Katarakt, Progr. n. best.
				in 3 Jahr. 10 Mon.		
				32) Ra. -Bestrahl. 2050 r	[illegible] " 3 "	fortschreitende Katarakt
				in 2 Jahr.		
				33) Ra. -Bestrahl. 2700 r	[illegible] " 6 "	fortschreitende Katarakt
				u. Rö. -Bestr. 2100 r		
				in 1 Jahr		
				34) Ra. -Bestrahl.		
				mehr als 1500 r	[illegible]	fortschreitende Katarakt
				35) Ra. -Bestrahl.		
				in 1 Jahr 4 Mon.		
				mehr als 1500 r	[illegible] 7	fortschreitende Katarakt
				36) Ra. -Bestrahl.		
				in 3 Jahr.		
				mehr als 1500 r	[illegible]	fortschreitende Katarakt
				37) Rö. -Bestrahl. 1150 r	[illegible]	fortschreitende Katarakt

Autor	Jahr der Publikation	Zahl der Fälle	Diagnose, die zur Bestrahlung Anlaß gab	Dosis	Latenzzeit	Linsen-Befund
Merriam u. Focht (Fortsetzung)	1957	1	Meningiom d. Tract. opt.	1) Ra.-Bestrahl. 1700 r in 8 Mon.	5 Jahre 6 Mon.	fortschreitende Katarakt
		1	Lidhämangiom	1) Ra.-Bestrahl. 1150 r	6 " 3 "	stationäre Katarakt
		2	Hämangiom d. Wangen	1) Ra.-Bestrahl. 1100 r in 7 Mon.	5 " 10 "	stationäre Katarakt
				2) Ra.-Bestrahl. 1250 r in 1 Jahr	2 " 9 "	fortschreitende Katarakt
		3	Hämangiom d. Gesichtes	1) Ra.-Bestrahl. 2150 r	17 " 9 "	stationäre Katarakt
				2) " 1500 r in 1 Jahr 6 Mon.	3 " 2 "	fortschreitende Katarakt
				3) Rö.-Bestrahl. 1650 r	2 " 5 "	stationäre Katarakt
		3	Siebbeinkarzinom	1) " 400 r	2 " 5 "	stationäre Katarakt
				2) " 3900 r	1 " 6 "	fortschreitende Katarakt
				3) " 6000 r	4 "	fortschreitende Katarakt
		1	Lymphangiom d. Lides	1) Ra.-Bestrahl. 1700 r in 8 Jahr. 3 Mon.	7 " 3 "	stationäre Katarakt
		1	Melanom d. Orbita	1) Ra.-Bestrahl. in 1 Jahr 1 Mon. mehr als 1500 r	1 " 3 "	fortschreitende Katarakt
		1	squamöses Zellkarzinom d. Konjunktiva	1) Ra.-Bestrahl. 1850 r	11 " 11 "	stationäre Katarakt
		2	squamöses Zellkarzinom d. Lides	1) Ra.-Bestrahl. 1150 r	5 " 5 "	fortschreitende Katarakt
				2) " 5300 r in 8 Jahr. 7 Mon.	2 " 6 "	fortschreitende Katarakt
		2	squamöses Zellkarzinom d. Nase	1) Ra.-Bestrahl. 1550 r in 9 Jahr.	1 " 2 "	fortschreitende Katarakt
				2) Ra.-Bestrahl. 2300 r in 6 Jahr.	5 " 4 "	fortschreitende Katarakt
		1	squamöses Zellkarzinom d. Gesichtes	1) Ra.-Bestrahl. 660 r	8 " 2 "	stationäre Katarakt
		2	Nasopharynx-Karzinom	1) Rö.-Bestrahl. 2800 r	3 " 2 "	fortschreitende Katarakt
				2) Ra.-Bestrahl. mehr als 1500 r	4 " 1 "	fortschreitende Katarakt
		1	Karzinom d. Nasenhöhle	1) Rö.-Bestrahl. 1050 r u. Ra.- " 2200 r	2 " 6 "	fortschreitende Katarakt
		1	Aesthesioneuroblastom d. Nase	1) Rö.-Bestrahl. 60 r u. Ra.- " 540 r	19 " 4 "	stationäre Katarakt

Autor	Jahr der Publikation	Zahl der Fälle	Diagnose, die zur Bestrahlung Anlaß gab	Dosis	Latenzzeit	Linsen-Befund
Merriam u. Focht (Fortsetzung)	1957	2	osteogenes Sarkom d. Maxilla	1) Ra.-Bestrahl. 800 r in 11 Mon.	24 Jahr. 6 Mon.	stationäre Katarakt
				2) Ra.-Bestrahl. 1200 r in 11 Mon.	10 " 8 "	stationäre Katarakt
		4	Karzinom d. Antrums	1) Rö.-Bestrahl. 500 r	12 " 4 "	stationäre Katarakt
				2) Ra.-Bestrahl. mehr als 1500 r	3 "	fortschreitende Katarakt
				3) Rö.-Bestrahl. 100 r u. Ra.- " 1400 r	4 " 8 "	stationäre Katarakt
				4) Ra.-Bestrahl. in 1 Jahr. 4 Mon. mehr als 1500 r	6 " 9 "	fortschreitende Katarakt

Fußnoten zu Tabelle I

Die Zusätze:

n. R.) nach ROHRSCHNEIDER (152)
n. P.) nach PETER (133)
n. Cl.) nach CLAPP (27)
n. L.) nach LANE (37)

besagen, daß die Angaben teilweise oder ganz den Zusammenstellungen dieser Autoren entnommen wurden.

1) 1 H (Holzknecht-Einheit) = etwa 50 r (gemessen auf der Haut bei harter Therapiestrahlung).
1 F (Fürstenau-Einheit) = etwa 5 r
Sab. = Sabouraud
Teinte B = (Sabouraud - Noiré) = 5 H = etwa 250 r
X - Einheiten beziehen sich auf das Dosimeter von Sabouraud - Noiré (1904)
Angaben nach BAUER (12)

2) In Übereinstimmung zu KUSAMA (100) fanden sich bei experimentellen Versuchen von LORENZ und DUNN (111) bei der Bestrahlung von neugeborenen Mäusen mit einer Körperdosis von 400 r (186 kV, 20 mA, 0,25 mm Cu und 10.6 mm Al) Kalkeinlagerungen im Linsenkern.

3) Es wird in der Arbeit bemerkt, daß MOORE zwei Jahre zuvor über ein Kind berichtet hat, das an einem Glioma retinae litt. Durch die vorgenommene Radon-Applikation wurde desgleichen eine Katarakt ausgelöst.

4) MILNER (125) gibt als Latenzzeit an:
in 2 Fällen 2 Jahre
" 2 " 2 1/2 "
" 2 " 3 "
" 2 " 4 "
" 3 " 5 " oder mehr Jahre
In einem Fall konnte die Latenzzeit aus den Angaben im Text dem Fall zugeordnet werden.
Zwei weitere Fälle dieser Arbeit wurden bereits von MILNER (124) 1933 veröffentlicht.

5) HUNT (81) berichtet über 100 Bestrahlungsfälle wegen Neubildungen am Auge. Histologisch teilen sich seine Fälle auf in:

48 Basalzellenkarzinome
10 squamöse Zellkarzinome
3 squamöse Basalzellenkarzinome
3 Cornua cutanea
4 Papillome
2 benigne Naevi
30 nicht histologisch bestimmte Läsionen
100

Behandelt wurden diese Fälle wie folgt:

Röntgen-Bestrahlung	80 Fälle
" " u. elektrochirurgisch	7 "
Radium- und Röntgen-Bestrahlung	5 "
Radium-Bestrahlun	3 "
Radium-Bestrahlung u. elektrochirurgisch	3 "
elektrochirurgisch	3 "
	100

Nur in 5 Fällen wurde eine Katarakt beobachtet.

6) Die in r angegebenen Dosen stellen Linsenabsorptionsdosen dar.

7) Die Verfasser führen die Linsenveränderung mit Wahrscheinlichkeit auf die Röntgenbestrahlung und nicht auf die Betastrahlen zurück.

8) Die bei MERRIAM u. FOCHT (121) angegebenen Werte in r stellen auf Grund von experimentellen Rekonstruktionen am Phantom der seinerzeit verabfolgten Dosen die Absorptionsdosis der Linse dar. Für Radium wurde die Dosis auf der Basis von 8,4 r = 1 mgh bei einem Abstand von 1 cm errechnet. Wie sich in ihren Fällen die Einfallsdosis zur Absorptionsdosis verhält, ist nicht angegeben.
Bei Bestrahlungen, die innerhalb von 5 Monaten durchgeführt wurden, erfolgte kein Vermerk in Tabelle I. Die Spannung betrug im allgemeinen 200 bis 250 kV; nur 4-mal wurde eine von 100 bis 140 kV von den Verfasse angegeben.

lurchstrahlten Medien eine andere Qualität als die Abstrahlungs- oder Einfalls-losis.

Nicht vergleichbar miteinander und anderen Strahlendosiseinheiten sind außer-lem die in Prozent HED oder in HED angegebenen Werte, da diesen eine Dosi-netrie zugrundeliegt, die nur für das ausgetestete Individuum Gültigkeit be-itzt, ganz abgesehen davon, daß diese Dosiseinheiten auch der subjektiven Be-rteilung unterliegen.

n den 82 aufgeführten Veröffentlichungen sind 378[+)] Fälle beschrieben. Teilt nan sie nach Art der zur Bestrahlung führenden Leiden ein, so gaben folgende Krankheiten Anlaß zu einer Bestrahlung, die eine Katarakt hervorrief.

TABELLE II

	Zahl der Fälle	%
.) Geschwülste:		
a) Karzinome	88	36, 2
b) Sarkome	18	7, 4
c) Hämangiome	9	3, 7
d) Retinoblastome	33	13, 7
e) nur nach der Lokalisation bezeichnete Geschwülste	9	3, 7
f) andere Geschwülste[++)]	21	8, 6
2) Tuberkulose	13	5, 4
3) Verletzungen, Infektionen, Entzündungen und deren Folgen	23	9, 5
4) Krankheiten der Haut und Haare	11	4, 5
5) Hyperkeratosis	1	0, 4
6) Exophthalmus bei Mb. Basedow	1	0, 4
7) Berufsschäden	11	4, 5
8) intrauterine Bestrahlungen		
a) Bestrahlung zur Geburtseinleitung	3	1, 2
b) Myomverdacht bei der Mutter	2	0, 8
	243	100, 0
9) nicht bekannt[+++)]	135	
	378	

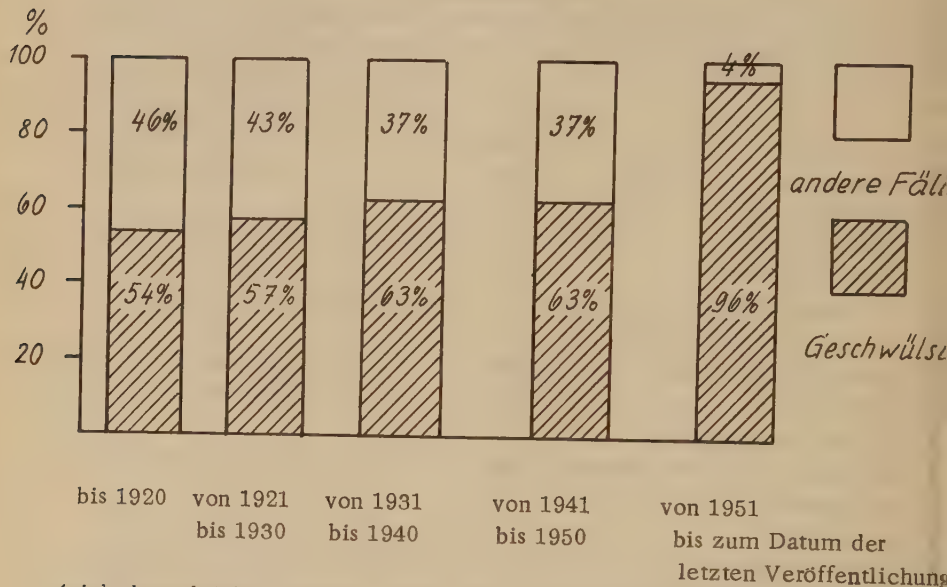
·) REESE (141) gibt an, daß er 112 Augen mit Strahlenkatarakt untersucht hat, die hier als Fälle gezählt werden.

·) 1 Osteom, 4 Lymphome, 3 Fibrome, 3 Epitheliome, 1 Lymphangiom, 1 Meningiom, 2 Neurofibrome, 1 Adamantinom, 1 Myelom, 1 entz. Lidtumor, 1 leukämischer Tumor, 2 Melanome.

·) Hier sind enthalten: 112 Fälle von REESE (141), 2 von SALUS (163), 3 von HERZAU (71), 2 von TSCHIRKOWSKI u. DYMSCHITZ (198), 7 von HOLM (76), 7 von COGAN, DONALDSON u. REESE (34), 2 von CURRON (37) angegeben.

Hauptsächlich waren Geschwülste in 73, 3 % der Anlaß zur Strahlenbehandlung und wurden seit dem Beginn der Strahlentherapie bis heute in steigendem Maß der Bestrahlung zugeführt. Andererseits wurde offenbar mit zunehmender Erkenntnis der Schädlichkeit der Röntgen- und Radiumstrahlen für das Auge, die Indikation für die Strahlentherapie anderer Krankheiten in der Umgebung des Auges eingeschränkt. Die Zahl der wegen Geschwülsten bestrahlten Patienten verhält sich zu den aus anderen Ursachen bestrahlten in den Dezennien wie folgt:

TABELLE III



bis 1920	von 1921 bis 1930	von 1931 bis 1940	von 1941 bis 1950	von 1951 bis zum Datum der letzten Veröffentlichung

(nicht berücksichtigt wurden bei der Zusammenstellung die Berufsschädigungen und die Fälle mit unbekannter Diagnose).

In Tabelle II sind 11 Berufsschädigungen aufgeführt. Es handelt sich um 1) die bereits auf Seite 1 geschilderten Fälle von GUTTMANN (65) und TREUTLER (19 2) 1928 und 1930 berichtete ERGGELET (48, 49) über 7 Röhrenmacher (Pumper), die durch ein Bleiglasfenster die belastete Röhre zu beobachten hatten. ERGGEL führt ihre Strahlenschäden auf ein Nichtbeachten der Vorschriften zurück, denn der dort am längsten beschäftigte Arbeiter trug keinen Schaden davon. 3) Ein w terer Fall wird von TREACHER COLLINS (193) angegeben. Es handelt sich wohl um einen Arzt, der über einige Jahre Röntgenuntersuchungen durchgeführt hatte Neben der hinteren Polkatarakt hatte sich bei ihm ein Xerosis-Fleck auf der Co junctiva bulbi sin. entwickelt. 4) Der letzte Fall wurde 1949 von MEYER (122) anläßlich einer Begutachtung veröffentlicht. Für 2 Jahre war sein Patient als Rö

enphysiker und später als Verwalter einer Eichstelle von Röntgengeräten be-
häftigt gewesen.

erner ist von großem Interesse, bei welcher Lokalisation der zu bestrahlenden
rankheit es zu Schädigungen der Linse kam. Sicher wird die Bestrahlung selbst
ei gleicher Lokalisation des Leidens in den verschiedenen Instituten nicht in
leicher Weise ausgeführt worden sein. Dennoch führte die Bestrahlung gewisser
eile des Körpers besonders oft zu einer Linsenschädigung, sei es, daß dieses
urch die Lokalisation allein bedingt war, wie z.B. bei Bulbusgeschwülsten, sei
s, daß aus einer gewissen Sorglosigkeit in Verkennung der Strahlenempfindlich-
eit der Linse es zu einem Strahlenschaden kam.

ie folgende Tabelle IV soll Aufschluß über den Sitz der der Bestrahlung zugeführ-
en Leiden geben, die später eine Linsentrübung zur Folge hatte, wobei in 48 %,
lso fast der Hälfte der Fälle, die Linse durch Bestrahlungen des Auges selbst oder
nmittelbar benachbarter Regionen (Lider, Konjunktiva, Tränensack, Orbita) ge-
chädigt wurde.

TABELLE IV

	Zahl der Fälle	%
) Gesicht und Wangen	65	26, 8
) Lider	39	16, 0
) Konjunktiva	13	5, 4
) Bulbus		
a) Cornea	7	2, 9
b) Sklera	1	0, 4
c) Chorioidea	3	1, 2
d) Iris	3	1, 2
e) Retina	33	13, 6
) Tränensack	1	0, 4
) Orbita	17	7, 0
) Tractus opticus u. Hypophyse	6	2, 5
) Nase	15	6, 2
) Nasenrachenraum	6	2, 5
) Gesichtsknochen u. Nasennebenhöhlen	14	5, 7
) Kopfhaut und Haare	3	1, 2
) Hals	1	0, 4
) Berufsschäden	11	4, 5
) intrauterine Schädigung	5	2, 1
	243	100, 0
) nicht bekannt	135	
	378	

Die geringste Dosis, die eine Katarakt zur Folge hatte, liegt nach Tabelle I bei 200 r. MERRIAM u. FOCHT (121) haben bei einem 53-jährigen Mann 2 Jahre und 1 Monat nach einmaliger Strahlenbehandlung eines Basalzellenkar nomes des Lides mit 200 r wie bei einer 54-jährigen Frau, die eines Basalze lenkarzinoms der Nase wegen 19 Jahre und 2 Monate zurückliegend desglei mit 200 r bestrahlt wurde, eine stationäre Katarakt beobachtet.

Obgleich diese Autoren ihre Beobachtungen zum Teil über mehr als 20 Jahre durchführten, haben sie bei Anwendung geringerer Dosen in 33 Fällen selbst nach der Bestrahlung von Lidkarzinomen keine Katarakt beobachtet. Nach d vorliegenden Material und den auch später zu besprechenden experimentelle Versuchen stellt bei nicht fraktionierter Bestrahlung diese Dosis, 200 r, etwa den Schwellenwert für eine klinisch feststellbare Katarakt dar. Früher neigte man zu der Auffassung, daß die geringste Schädigungsdosis höher liegen würd da man die Linse im Vergleich mit anderen Geweben für relativ refraktär ge Strahlen hielt (DESJARDINS (39) u. a.). Mit dem Fortschritt der Meßtechnik und der Zunahme der beobachteten Fälle kam man zu geringeren Werten. POPPE (137) betonte sogar 1942, daß man keinen unteren Wert in r angeben kann, da die klinischen Daten unzureichend sind. 1922 meinte z. B. STUMPF (185), daß die Schädigungsdosis der Linse über 100 % der Hauteinheitsdosis liegt, während 1925 SCHEERER (167) schrieb, daß in gewissen Fällen Strahlen mengen in Höhe der Epilationsdosis geeignet seien, eine Katarakt zu erzeuge und ROHRSCHNEIDER (152) 1932 die Hauterythemdosis[1] selbst bei fraktionier ter Bestrahlung[2] als kataraktauslösende Dosis ansah, worauf allgemein 1 HED als Minimaldosis für eine Katarakt gehalten wurde. Noch 1953 nahmen COGA u. DREISLER (35) an, daß es unwahrscheinlich sei, daß eine Bestrahlung mit weniger als 500 r einen Effekt auf die Linse haben könnte.

Aus Tabelle I läßt sich keine eindeutige Beziehung zwischen Bestrahlungsdosis und der Latenzzeit ableiten. Dieses liegt nicht nur daran, daß den einzelnen

---

1) Durch eine Rundfrage bei einer größeren Anzahl von Röntgeninstituten ermittelte KÜSTNER (98) den Zusammenhang der HED und r, wonach seinerzeit die HED durchschnittlich eine Wirkungsdosis von 700 bis 750 r (bei etw 180 - 200 kV und einer Mindestfilterung von 0, 5 mm Cu) hatte.

2) Nach MERRIAM u. FOCHT (121) liegt bei fraktionierter Bestrahlung in einer Intervall von 3 Wochen bis 3 Monaten der Schwellenwert bei 400 r und bei längeren Bestrahlungszeiten bei 550 r, jedoch müssen hierbei noch die Abstände von den einzelnen Bestrahlungen und die Einzeldosen berücksichtigt werden.

eröffentlichungen verschiedene Dosiseinheiten zugrundeliegen, sondern in ist jedem Fall andere Voraussetzungen vorhanden sind. Einerseits wurden die eobachtungen von 82 Autoren durchgeführt, so daß hinsichtlich des Zeitpunkes des ersten Auftretens der Katarakt kein einheitlicher Maßstab vorhanden ist; ndererseits spielen selbst bei gleicher Einfallsdosis die Lokalisation des zu bestrahlenden Leidens, Qualität der Strahlen, Alter des Patienten und viele andere aktoren eine ausschlaggebende Rolle in Bezug auf die Kataraktentwicklung. elbst wenn man annimmt, daß den einzelnen Veröffentlichungen gleiche Beobachtungsbedingungen und ein gleicher Bestrahlungsmodus zugrundeliegen, so eicht die Zahl der Fälle in ihnen nicht aus, um allgemeingültige Schlüsse daus ziehen zu können. Z.B. findet man bei MERRIAM u. FOCHT (121) je 10 älle von Strahlenkatarakt mit einer Durchschnittsdosis von 450 r (Dosisbereich on 200 bis 650 r) und 800 r (Dosisbereich von 651 bis 1150 r). In der ersten ruppe schwankt die Latenzzeit von 2 Jahren und 6 Monaten bis 22 Jahren 1 Monat; in der zweiten von 1 Jahr 1 Monat bis 8 Jahren 7 Monaten. Nur unter gleihen Bedingungen und einer genügend großen Zahl an Beobachtungen ist es mögich, wenigstens hinreichend zu beweisen, daß die sog. Latenzzeit mit der Absorptionsdosis und dem Alter des Patienten in gesetzmäßiger Beziehung steht. Es st bekannt, daß diese Relation vorhanden ist und DESJARDINS (39), LEINFELDER u. KERR (103), MERRIAM u. FOCHT (121) u. a. haben darauf hingewiesen, och erst die Tierversuche von COGAN u. Mitarbeiter (31, 32, 33), v. SALLMANN u. Mitarbeiter (157, 158, 160, 161) und EHLING u. KROKOWSKI (45) onnten diese Hypothese bestätigen.

ei Durchsicht der Befunde zeigt sich für die Röntgen- und Radium-Katarakt in klinisch übereinstimmendes wie eindeutiges Bild. Wenn auch schon oft die Anamnese oder die von BIRCH-HIRSCHFELD (15) zuerst beschriebenen Veränderungen der Konjunktiva und ihrer Gefäße auf die Möglichkeit einer Strahlenschädigung hinweisen, so läßt sich die Diagnose der Katarakt infolge einer Bestrahlung erst endgültig aus der typischen Lage und Form der Linsenveränderung tellen.[1] Nach der Entwicklung einer maturen Katarakt ist die Differenzierung

1) Was für die Röntgenkatarakt gilt, trifft auch, wie später ausgeführt werden soll, für andere Strahlenstare zu. Wie typisch die Veränderungen der Linse sein können, zeigt die Beschreibung von Mc. DONALD u. Mitarbeiter (43): "Die (Veränderungen) waren so charakteristisch bei 2 Patienten, daß die Form der Trübung nicht durch die in unserer Klinik durchgeführte Behandlung erklärt werden konnte. Weitere Nachfragen zeigten, daß diese Patienten in einer anderen Klinik sich einer Beta-Strahlentherapie in ausreichender Dosis und mit entsprechenden Bestrahlungsfeldern unterzogen hatten".

nicht mehr möglich und damit der Totalstar von anderen Starformen nicht
unterscheiden.

Beginnend mit TREUTLER (194) sprechen fast alle Autoren im Hinblick auf
Lage von einer charakteristischen hinteren Polkatarakt. v. HORAY (78, 79)
schrieb sie als "cataracta corticalis centralis posterior", wodurch bereits ei
noch nähere Beschreibung der Lokalisation gegeben wurde. Allerdings ist di
Lage nicht immer zentral und zwar dann nicht, wenn die Linse nicht vollst
bzw. nicht in ihrem ganzen Durchmesser in gleichem Ausmaß von Strahlen
troffen wurde. Auf diese Erscheinung der asymmetrischen Lage oder partiell
Ausbildung der Katarakt verwiesen z. B. bereits auf Grund ihrer klinischen B
funde, MEESMANN (117) und de VRIES (204). MEESMANN schrieb: "Die Sc
gungen verraten durch die Lokalisation ihre direkte Abhängigkeit von der st
lenden Energie". de VRIES bemerkte: "Die Linsentrübungen lagen merkwür
weise nur in einem Sektor nach dem Bestrahlungsmittelpunkt gerichtet". GC
MANN u. LIECHTL (61) sowie RICHARDS, RILEY u. LEINFELDER (142) und
(5) haben spezielle Untersuchungen über partielle Linsentrübungen durch Bes
lung einzelner Linsenteile angestellt, die viel zur Klärung der ursächlichen
sammenhänge der Strahlenkatarakt beigetragen haben.

Aus der Vielzahl der Befunde sollen hier summarisch die typischen morpholo
schen Veränderungen der Linse zusammengestellt werden. Nach einer von de
Absorptionsdosis abhängenden Zeit der scheinbaren Unverletztheit der Linse
tritt zuerst im allgemeinen unter der hinteren Kapsel eine aus feinen, oft pol
chromatisch schillernden Verdichtungen bestehende Trübung mit einem Durc
messer von 1 - 2 mm auf. Im Laufe der Zeit pflegt der Durchmesser des Trü
bungsbezirkes auf 3 - 4 mm zuzunehmen und eine an den Randgebieten optis
dichtere, nach vorne oft relativ scharf begrenzte und meist hellweiße Scheib
wird sichtbar. MEESMANN (117), ROHRSCHNEIDER (152) und später GRZEDZ
(62) haben u. a. die scharfe Begrenzung besonders hervorgehoben und sie als e
Charakteristikum der Strahlenkatarakt angesprochen. Zahlreiche Granulation
Vakuolen wie netzartige Verdichtungsstränge durchziehen diese als "ringförm
"scheibenförmig", "knopfförmig" und in der anglo-amerikanischen Literatur
oft als "Pfannkuchen" bezeichnete Trübung. Die glasigen Granulationen und
kuolen sind desgleichen in der Umgebung unregelmäßig verstreut zu finden. I
die Katarakt diesen Grad der Reife erreicht, so können auch unter der Vorder-
kapsel Veränderungen auftreten. Im allgemeinen sind körnige Verdichtungen,
Bläschen und streifige Trübungen unter der vorderen Linsenkapsel, hauptsächl
im Pupillargebiet, beschrieben worden, die meist stationär oder sehr langsam
progredient waren.

Die Trübung am hinteren Pol bricht relativ spät in die Rindensubstanz ein, au
werden weiße, flockige oder wolkige Trübungen in ihr erst im späten Stadium

ichtbar. In einigen Fällen wurde ein Abdrängen der Katarakt von der Kapsel eobachtet, was durch Appositon gesunder Linsenfasern zustande kam. Gewöhnch bleibt jedoch die Trübung direkt an der Kapsel haften und füllt, wenn sie ogredient ist, schließlich als Totalstar die ganze Linse aus. In Abhängigkeit on der Dosis kann der Star in jedem Stadium stationär werden. So wurden, abesehen von den Initialstadien, viele Beobachtungen gemacht, in denen der insenkern frei von jeder Veränderung war und nur die vorderen und hinteren insenanteile einschließlich der Rinde Trübungen aufwiesen.

ei der Spaltlampenuntersuchung sieht man außer den oben geschilderten Beinden noch einen besonderen Ablauf der Entwicklung. Die der hinteren Kapsel nliegende oder in sie hineingestanzte[1] granuläre, gelbliche[2] Schalentrübung, ie auch als Kalotte angesprochen wurde, ist zuerst mehr oder weniger homogen. päter, wenn die Scheibentrübung in ihren Randbezirken optisch dichter und ihr entrum weniger dicht sichtbar ist, hat sich die Kalotte gespalten und zeigt ine "Meniskusform" bzw. bikonvexe Figur, deren Zentrum entsprechend der ptischen Aufhellung der Scheibenmitte klar ist.

Mit dem Fortschreiten der Linsentrübung geht die bikonvexe Figur in eine planonvexe und schließlich konkav-konvexe über (COGAN u. Mitarbeiter (34)).

Wenn in der Literatur nicht alle Beschreibungen der morphologischen Veränderungen genau übereinstimmen und oft nicht den Entwicklungsgang erkennen lassen, so ist die Ursache für diese scheinbare Diskrepanz sicher in der Untersuchungsmethodik, dem festhalten eines gerade vorherrschenden Stadiums wie der Tatsache zuzuschreiben, daß eine langsamere oder schnellere, in einzelnen Fällen ganz rapide Progredienz auftreten kann, so daß das Erkennen und Einordnen des vorliegenden Befundes besonders dem Ungeübten oft schwerfallen dürfte, wie sich bei einer schnell entwickelnden Katarakt die typischen Stadien verwischen und überschneiden können.

Von den meisten Beobachtern wurde eine progrediente Katarakt beschrieben, die nach mehr oder weniger langer Zeit von der zuerst beobachteten Linsenveränderung zu einem Totalstar führte. Die Geschwindigkeit, mit der die Linsen-

---

1) MOORE (126) sagte, daß noch nach Entfernung der Linsensubstanz das ursprüngliche Muster der Trübung auf der Linsenkapsel sichtbar war.

2) Ein Mitarbeiter von COGAN (34) glaubt schon vor Erscheinen einer tatsächlichen Trübung einen goldgelben Reflex auf der hinteren Kapsel wahrgenommen zu haben.

trübung fortschritt, ist verschieden. BIRCH-HIRSCHFELD (17) berichtet 1908 von einer Katarakt, "die schnell fortschreitet". LEINFELDER u. KERR (103) b obachteten ein 7-jähriges Mädchen, das eines Adamantinoms wegen bestrahl worden war. Während am 1.7.35 in der rechten Linse punktierte Trübungen c vorderen und hinteren subkapsulären Region bei einem Visus von 6/60 gefund wurden, war die Linsentrübung nach 2 Monaten bereits dichter und der Fundus nicht mehr einsichtbar. Die Sehschärfe hatte in der gleichen Zeit auf dem gl chen Auge auf Fingerzählen in 1 m Abstand abgenommen. Am 17.3., 16.5. und 21.7.1923 bestrahlte SCHEERER (167) ein 24-jähriges Mädchen mit 20, 2 20 % HED. Im Januar 1924 wurde die sich rasch bildende Katarakt extrahiert MÜLLER (127) beschreibt die Katarakt einer 49-jährigen Frau, die in 9 Mona von feinsten, spinnwebähnlichen Trübungen sich stark verdichtete und wolker artigen Charakter annahm. Diese als Beispiel geschilderten Verläufe stellen r oder weniger Extreme dar, die aber bei genauer Durchsicht der Literatur gar n so selten sind, wie man vielleicht annimmt. So gaben auch derartig rapid ver laufende Fälle Anlaß zu der Annahme, daß bei manchen Menschen eine gewi Disposition zur Strahlenempfindlichkeit vorliegen müsse (ADAMANTIADIS (4) MILNER (124), SAUTTER (165), STOCK (181) u. a.). Bis heute ist aber noch nicht erwiesen, inwieweit z.B. an Lupus oder Ekzemen Leidende gegen Strah- len empfindlicher sind, obgleich viele Gründe dafür sprechen könnten, da die Linse bekanntlich ektoderlamer Herkunft ist. Im Tierversuch zeigte sich, daß Kaninchen gleichen Alters bei gleicher Bestrahlungsdosis mit bemerkenswerter Regelmäßigkeit eine Katarakt bekamen, die auch in Bezug auf ihre Progressiv tät gleich war (COGAN u. DONALDSON (31)).

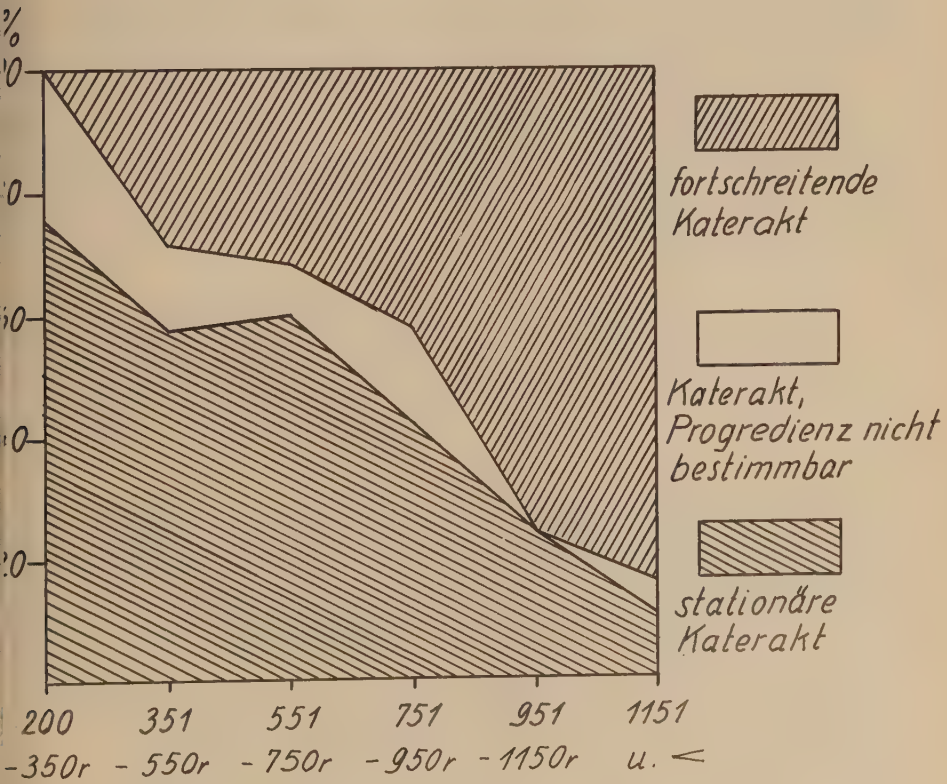
In der Regel ist aber die Progredienz langsamer. Als Beispiel sollen 2 Fälle die nen. 1) FLEISCHER (56) berichtet 1931 über den Verlauf eines seit 1927, also 4 Jahre davor mit Röntgenstrahlen behandelten Falles von Glioma retinae, und stellt fest, daß die Trübung etwas fortgeschritten sei. 2) Aus der Veröffentli- chung von GUALDI (63) kann man entnehmen, daß bei einem 40-jährigen Ma der wegen Gesichtslupus bestrahlt worden war, die Sehschärfe in 21 Monaten v 1/4 bis Fingerzählen in 1/2 m rechts und bis Fingerzählen in 2,5 m links abna In den folgenden 1 1/2 Jahren erfolgte eine weitere Zunahme der Linsentrübun was eine Verminderung der Sehkraft auf Fingerzählen dicht vor dem Auge zur Folge hatte.

Auf die Tatsache, daß die Katarakt nicht unbedingt progredient sein muß, wie sen besonders ROHRSCHNEIDER (152) und LEINFELDER u. KERR (103) hin. ROH SCHNEIDER (152) berichtet, daß dann, wenn das Stadium des typischen Befun- des, die scheibenförmige Trübung, die im optischen Schnitt als bikonvexe Fig erscheint und eine Ausdehnung von der hinteren Abspaltungszone bis zur hinter Kapsel hat, erreicht ist, die Linsenveränderungen bei einer Anzahl von Patient

tationär blieben bzw. nur langsam fortschritten. MERRIAM u. FOCHT (121) haben desgleichen ihre Befunde in Bezug auf den Zeitverlauf der sich entwickelnden Katarakt ausgerichtet. In Tabelle I finden sich 100 von ihnen veröffentlichte Fälle, von denen 39 % stationär, 8 % bezüglich ihres Fortschreitens noch nicht bestimmbar und 53 % progressiv waren. Es finden sich 27 als stationär bezeichnete Stare, bei denen die Beobachtungszeit länger als die Latenzzeit war. Für diese 27 Fälle ergibt sich eine durchschnittliche Beobachtungszeit über den Zeitpunkt der ersten Linsenveränderung von 6 Jahren und 7 Monaten, wobei 6 Fälle über 11 Jahre und 4 unter 1 Jahr liegen.

Die Abhängigkeit des Fortschreitens der Katarakt von der Dosis, kann man andeutungsweise aus der folgenden Darstellung ersehen.

TABELLE V



Katarakt erzeugen, die klinisch und in jeder anderen Hinsicht die gleichen Charakteristika aufweist, wie sie bisher für den Röntgen- und Radiumstar besprochen wurden, so daß es durchaus berechtigt ist, wenn man allgemein von einer Strahlenkatarakt spricht.

Wenn in der Literatur auf Grund von Publikationen von SCHNYDER (170) u. a. der Ausdruck "Strahlenkatarakt" auch für Stare verwandt wurde, die durch ultraviolette Strahlen oder andere elektromagnetische Wellen größerer Wellenlänge verursacht werden, so soll in Einengung des Begriffes im Rahmen dieser Arbeit nur jener Star abgehandelt werden, der die bereits beschriebene Morphologie aufweist und der in seiner Genese bedingt ist durch:

1) Röntgenstrahlen:
die bekanntlich elektromagnetische Wellen im ungefähren Bereich von 10^{-11} bis 10^{-6} cm sind. An den Grenzen überdeckt sich ihr Bereich einerseits mit den Gamma-Strahlen und andererseits mit den Strahlen des Ultravioletts.

2) Radioaktive Substanzen:
a) natürliche radioaktive Substanzen.
Am häufigsten wurde Radium verwandt, das neben Uran, Aktinium, Thorium und einer Reihe weiterer Elemente die Eigenschaft besitzt, unabhängig von jedem äußeren Einfluß (Temperatur, Druck, chem. Einflüsse) auf Grund eines instabilen Kerns unter Ausschleuderung eines Teiles seiner Bausteine zu zerfallen. Dabei werden Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlen freigesetzt, die unterschiedlicher Natur sind und auch eine voneinander verschiedene Wirkung auf das Gewebe haben.

Für die Meßtechnik sind die Alpha-Strahlen als Korpuskularstrahlen aus einem doppelt positiv geladenen Heliumkern bestehend von Bedeutung, nicht aber für die Therapie,[1] da sie nur ein geringes Eindringungsvermögen in das Gewebe besitzen.

Als freie Elektronen sind die Beta-Strahlen wesensgleich den Kathodenstrahlen. Sie besitzen mit ihrer kleinen Masse eine sich der Lichtgeschwindigkeit nähernde, jedoch sehr variable Schnelligkeit und dringen tiefer als die Alpha-Strahlen in das Gewebe ein.

Die Gamma-Strahlen schließen sich als elektromagnetische Wellen dem Wellenbereich der Röntgenstrahlen an. Ihre Wellenlänge liegt unter

---

1) Ihrer positiven Ladung wegen sind sie den Kanal- und Anodenstrahlen verwandt und damit auch der Strahlung der Ionenröhren, den alten, wenig evakuierten Röntgenröhren.

10^{-11} cm. Sie besitzen Lichtgeschwindigkeit, 3mal 10^{10} cm/sek., und sind auf Grund dieser Eigenschaften die härtesten natürlichen Strahlen, die auf der Erde entstehen, woraus sich auch hier ihr großes Eindringungsvermögen in das Gewebe erklärt.

Ferner fanden seit dem Ende des letzten Krieges die Radiumemanationen in besonderem Maße Eingang in die Strahlentherapie, die nur die gut dosierbare und für therapeutische Zwecke günstige Beta-Strahlung daneben nur geringe, praktisch zu vernachlässigende Gamma-Strahlen emittieren.[1)]

b) künstliche radioaktive Substanzen:
Während die radioaktiven Elemente aus drei radioaktiven Familien stammen, welche Uran, Aktinium und Thorium als Ausgangselement haben und stets in Isotopen von Blei endigen, gibt es auch die Möglichkeit nicht radioaktive Substanzen künstlich so zu verändern, daß sie instabil werden und damit auch bei ihnen ein Kernzerfall stattfindet.

Die Eigenschaft der natürlichen Beta-Strahlen wurde bereits kurz erwähnt. Der Vorteil der künstlich erzeugten Beta-Strahlen liegt in ihrer größeren und gleichmäßigen Energie, so daß die Bestrahlungszeit bei gleichem Effekt herabgesetzt werden kann. In der Praxis hat sich am besten der Strontium-Applikator bewährt. Strontium (90) besteht aus Spaltprodukten des Urans und besitzt eine Halbwertszeit von 19, 9 $\pm$ 3 Jahren (HIRSCH (74)). Es baut sich bei der Emission von Beta-Strahlen über Yttrium (90) zu dem stabilen Zirkonium (90) ab.

Ferner entsteht eine sehr energiereiche Elektronenstrahlung im Betatron (Rheotron), das aber zur Zeit in der Augenheilkunde keine Bedeutung in therapeutischer Hinsicht besitzt; jedoch müssen bei der Arbeit an diesen Geräten entsprechende Strahlenschutzvorkehrungen getroffen werden, da die zum Teil bis an die Lichtgeschwindigkeit beschleunigten Elektronen (nach BAUER (12) wird bei einer Beschleunigungsspannung von 3100 kV 99 % der Lichtgeschwindigkeit erreicht), die Gefahr eines Strahlenschadens sehr groß ist.

Seit einigen Jahren wurden auch fliegende Neutronen auf ihre biologische Wirksamkeit untersucht. Sie sind neutrale Kernbestandteile

---

1) Als Applikatoren für augenärztliche Zwecke wurden u. a. das Swanberg'sche Gerät, die Burnam'sche Zelle, der Iliff-Applikator und der Ledermann Träger eingeführt.

und aufzufassen als das Aggregat aus einem Proton und einem Nega
oder Elektron. Erzeugt werden Neutronen neben harten Gamma-Stra
und sehr hoch beschleunigten Elektronen im Zyklotron (natürlich au
Synchrotron). Die Strahlung dieses Gerätes ist härter als die durch n
türlichen Kernzerfall entstehende Gamma-Strahlung. In neuerer Ze
wurden Geräte zur Erzeugung von Neutronen hergestellt, die gegenü
dem Zyklotron eine leichtere Handhabung und genauere Dosimetrie
gestatten. Im Cockroft-Walton-Accelerator wird Tritium mit Deute
nen beschossen, das darauf Alpha-Strahlen und Neutronen im Verhä
1 : 1 ausstrahlt. Ein anderes Gerät besitzt eine Plutoniumverbindung
(Los Alamos Fast Reactor) als Energiequelle und dazu noch eine Vor
richtung zum Regulieren der Zerfallsgeschwindigkeit.

Die größte freigesetzte Strahlung haben die Atombomben.[1] Bei ihre
Explosion werden Alpha-, Beta-, Gamma-Strahlen und Neutronen
emittiert und sie besitzt heute leider eine so praktische Bedeutung,
daß es notwendig erscheint, auf vorbeugende Maßnahmen zur Verme
dung der Strahlenschäden im allgemeinen hinzuarbeiten.

Es sind also elektromagnetische Wellen, deren Wellenlänge kleiner als 10^{-6}
ist und die beim natürlichen und künstlichen Kernzerfall entstehenden Strahle
die die hier beschriebene Form der Strahlenkatarakt auslösen.

1) Die durch Beta-Strahlen verursachte Strahlenkatarakt

Seit etwa 17 Jahren wird in zunehmendem Maße und mit gutem Erfolg die
Beta-Strahlentherapie in der Augenheilkunde angewandt. Allgemein nahm m
bei der Einführung der Beta-Strahlenapplikatoren an, daß auf Grund der gerin
Tiefenwirkung dieser Strahlen die Linse in keiner Weise geschädigt werden kö
te. Doch zeigten die Beobachtungen der letzten Jahre, daß auch bei der Anwe
dung der Beta-Strahlen gewisse Vorsichtsmaßnahmen Beachtung finden müssen

Neben anderen Schäden, die die Konjunktiva, Kornea, Sklera, Iris usw. be-
treffen, wurden auch Linsenschäden beobachtet, weshalb im Rahmen dieser
Arbeit auch die Strahlenkatarakte infolge Beta-Bestrahlung berücksichtigt wer
den sollen, insbesondere da die Beta-Strahlentherapie auch in der Augenheil-
kunde angewandt wird.

1) Inwieweit die Höhenstrahlung eine schädigende Rolle spielen kann, ist noch
nicht erwiesen; doch ist zu erwarten, daß sie auf Grund ihrer Natur auch
Strahlenschäden, insbesondere eine Katarakt unter nicht normalen atmosph
rischen Bedingungen auslösen kann.

TABELLE VII

Autor	Jahr der Publikation	Zahl der Fälle	Diagnose, die zur Bestrahlung Anlaß gab	Dosis	Latenzzeit	Linsen-Befund
Hughes (80)	1952	1	Keratitis rosacea	44 gsek. in 18 Woch.	30 Monate	Strahlenkatarakt
		1	vaskularisierende, rosacea-artige Keratitis	51 gsek. in 16 Wochen	35 Monate	schnell fortschreitende Katarakt
Haik, Wood, Richey u. Ellis (67)	1954	2	bds. maligne Pterygia	1) re. in 25 Tg. 2 Bestrahl. insges. 25 Min., Iliff. li. in ca. 10 Mon. 5 Bestrahl. insges. 40 Min. Iliff. u. 3 Ra.-D-Bestrahl. insges. 7 Min.	ca. 3 1/2 Jahre n. d. letzt. Bestrahl.	bds. Strahlenkataraktveränderung in d. nasalen Peripherie direkt unter d. bestrahlten Abschnitten, li. weiter fortgeschritten als re.
				2) re. in ca. 10 Mon. 2 Bestrahl. insges. 12 Min. Iliff. li. in ca. 9 Mon. 3 Bestrahl. insges. 30 Min. Iliff	ca. 3 1/2 Jahre n. d. letzt. Bestrahl.	li. unter d. Bestrahlungsbezirk anteriore subkapsuläre Vakuolisation mit posterioren subkapsulären Veränderungen geringen Ausmaßes
		2	einseitiges Pterygium, re.	1) in ca. 3 Mon. 5 Bestrahl. 19 Min. Iliff	ca. 3 1/2 Jahre n. d. letzt. Bestrahl.	vord. u. hint. Vakuolen im Bestrahlungsbezirk, d. sich besonders am Äquator abzeichnen
				2) in 39 Tg. 6 Bestrahl. insges. 30 Min. Iliff	ca. 4 Jahre n. d. letzt. Bestrahl.	im Bereich d. Äquators vord. u. hint. Kapselveränderungen
Mc Donald, Hughes u. Peiffer (42)	1954	45 Augen davon		4 bis 52 gsek. Radon-Bestrahl.	29 Mon. bis 5 1/2 Jahre	typische Linsenveränderungen mit Vakuolen zumeist in d. Äquatorgegend
		1	vaskularisierende Keratitis	Rö.-Bestrahl. 900 r[1)] u. Ra.- " 400 r 1 Jahr danach 39 gsek. Radon	5 Jahre n. d. Beta-Bestrahl.	hint. subkapsuläre, granuläre, bernsteinfarbene Trübung
Merriam (120)	1956	7		11000 bis 22000 rep. Radon-Bestrahl.	3 bis 6 1/2 Jahre	mature Strahlenkatarakt
		1		2300 rep. Radon-Bestrahl. Bestrahl. erfolgten am oder in d. Nähe d. Limbus	13 Jahre	stationäre Strahlenkatarakt

1) In diesem Fall führen die Verfasser jedoch die Katarakt auf die vorangegangenen Röntgen- u. Radium-Bestrahlungen zurück (s. Tab. I)

Die Strahlenquellen und Geräte wurden bereits kurz auf Seite 44/45 abgehandelt. Genauere Beschreibungen der Geräte und ihre Wirkung wie Anwendungsgebiete findet man bei BOLES-CARENINI (20), CASTROVIEJO (24), FRIEDELL (58), GUIX-MELCIOR (64), HAYBITTLE (69), HIRSCH (74), HUGHES (80), ILIFF (82) u. a.

Die Morphologie der Katarakt ist aus dem Vorangegangenen bekannt. Was aber häufiger als bei der Radium- und Röntgenbestrahlung eintritt, ist die Ausbildung einer partiellen bzw. nicht exial gelegenen Linsentrübung. Dieses ist darauf zurückzuführen, daß nur in einem gewissen Teil der Fälle eine zentrale, im Sinne der Sehachse durchgeführte Bestrahlung stattfand. Nach Mc DONALD u. Mitarbeiter (42, 43) haben etwa zehnmal größere Bestrahlungsdosen auf Grund des großen Tiefenabfalls der Beta-Strahlen (beim Sr^{90}-Applikator ist der Abfall so groß, daß eine Tiefe von 6 mm nur von etwa 1, 3 % der Strahlung erreicht wird), bei der Bestrahlung vom Hornhautscheitel aus den gleichen Effekt wie bei Bestrahlung vom Limbus. Da die Bestrahlung zumeist im Bereich des Limbus durchgeführt wurde, sind die Linsenveränderungen hauptsächlich in den äquatorialen Anteilen der Linse zu finden. Die Abnahme der Sehschärfe tritt erst ein, wenn die zentralen Linsenanteile bereits erhebliche Veränderungen aufweisen. Da, wie oben ausgeführt wurde, bei der Beta-Bestrahlung die Randbezirke in erster Linie betroffen sind, ist es oft nur nach vollkommener Erweiterung der Pupille und guter Beleuchtung wie sorgfältigem Absuchen der äquatorialen Linsenanteile möglich, die anfänglichen, feinen Linsenveränderungen zu entdecken.

Wie groß die Gefahr einer Linsenschädigung bei der Beta-Bestrahlung ist, geht vielleicht aus den Angaben von Mc. DONALD, HUGHES u. PEIFFER (42) hervor, die bei den bis zu 5 1/2 Jahren nach der Bestrahlung durchgeführten Nachuntersuchungen in 45 von 73 bestrahlten Augen typische Trübungen und Vakuolen und 13 fragliche Linsenveränderungen fanden; also nur 15 Augen waren frei von jeder Veränderung. Die geringste Dosis, die nach ihren Beobachtungen eine Katarakt auslöste, liegt etwa bei 4 g-sek. [1] (annähernd 10 000 rep [2]).

---

1) Unter Gramm-Sekunden versteht man das Produkt aus dem Radiumgewicht in Gramm oder seinem Äquivalent an Radiumemanation und der Strahlungszeit in Sekunden.

2) Nach STONE (184) hat PARKER vorgeschlagen, den Ausdruck rep (roentgen equivalent physical) für Gewebsdosen zu benutzen, die nicht in r gemessen werden können. 1 rep besagt, daß die Energie, die 1 Gramm Gewebe absorbiert, gleich der ist, die bei der Bestrahlung mit 1 r absorbiert wird.

Daß bisher auch keine allgemein gültigen Richtlinien für die Dosierung für Beta-Strahlen am Auge im Hinblick auf die Vermeidung von Strahlenschäde der Linse bestehen, kann man folgender Beobachtung entnehmen. ILIFF (82) gab 1947 eine nach den damaligen Vorstellungen unschädliche Dosis für die Beta-Bestrahlung an. HAIK u. Mitarbeiter (67) bestrahlten nach diesen Richtlinien eine Anzahl von Patienten, mußten aber bei der Nachuntersuchung feststellen, daß bei einem Teil von ihnen Linsenschäden aufgetreten waren. Sie sahen sich daher veranlaßt, ein neues Bestrahlungsschema auszuarbeiten.

Auch HIRSCH (74) folgte nicht den von FRIEDELL (58) für den Strontium 90 Medical - Applicator gemachten Vorschlägen uneingeschränkt, sondern begnügte sich zur Vermeidung von Spätschäden mit geringeren Dosen.

Nach Mc. DONALD, HUGHES u. PEIFFER (42) erzeugen die in Tabelle VIII angeführten Dosen bei einer Einzelbestrahlung beim Menschen die dort genannten Veränderungen. Ihre Angaben stützen sich auf klinische Beobachtungen und die experimentellen Ergebnisse ihrer Kaninchenversuche, wobei sie die Kaninchenlinse als viermal empfindlicher als die menschliche gegen Beta-Strahlen ansehen.

TABELLE VIII

Bestrahlungsfeld und Art der Linsenveränderung	Sr^{90} rep	Radon g-sek
Limbus		
Geringe Trübungen am hinteren Pol	2000 - 4000 (?)	0,8 - 2,0 (?)
Vakuolen und Trübungen am Äquator	12000?	4
Hornhautscheitel		
Geringe Trübungen am hinteren Pol	20000-40000 (?)	8 - 20 (?)
Vakuolen und Trübungen am Äquator	?	40 (?)

Genaue Angaben insbesondere in Bezug auf den Sr^{90}-Applikator konnten zur Zeit der Veröffentlichung von ihnen noch nicht gemacht werden, da bei Sr^{90} die maximale Beobachtungszeit erst 18 Monate betrug.

Daß diese in ihrer Mehrzahl errechneten Schwellenwerte noch keiner kritischen Betrachtung standhalten, ist einleuchtend; doch geben sie einen gewissen Anhalt für die klinische Arbeit, bei der durchaus nicht immer die zulässigen Maximaldosen angewandt werden müssen.

2) Strahlenkatarakte durch ionisierende Strahlen nach Unfällen in Strahlen-Instituten:

Im Dezember 1948 wurde in den USA bekannt, daß mehrere Kernphysiker an einem Strahlenstar litten. Beim Einrichten eines Zyklotrons hatten sie sich wahrscheinlich ein oder mehrere Male akuten Bestrahlungen von 20 - 100 r (WARREN (205)) ausgesetzt neben den als routinemäßig, chronisch bezeichneten Bestrahlungen, die die angenommene Toleranzdosis nicht überstiegen hatten. Das Einrichten des Zyklotrons erfolgte vor den angebrachten Strahlenschutzvorrichtungen, während das Gerät arbeitete.

Im Januar 1949 wurden alle Physiker, bei denen der Verdacht auf das Vorliegen einer Strahlenkatarakt bestand, auf Grund der in allen einschlägigen Instituten in den USA durchgeführten Erhebungen der fachärztlichen Untersuchung durch REESE, FRIEDENWALD und WOODS zugeführt. ABELSON u. KRUGER (2) berichten, daß 10 der untersuchten Physiker Linsenschäden hatten, von denen 3 schwere, 4 mittlere und 3 minimale, nicht eindeutige Linsenveränderungen aufwiesen. Während die ersten 3 stark behindert, die 4 mit mittleren Schäden kaum beeinträchtigt waren, fand sich bei den letzten 3 keine Herabsetzung der Sehfunktion.

3 Jahre hatte es gedauert, bis sich bei den schwer Betroffenen der Linsenschaden voll entwickelt hatte. Da aus Versuchen bekannt war, daß relativ hohe Dosen an Gamma-Strahlen benötigt werden, um Linsenschäden zu verursachen, vermutet man, daß die Katarakt der Wissenschaftler durch stark beschleunigte Neutronen hervorgerufen wurde. Im Gegensatz zu Röntgen-Strahlen, die nur die in Teilung befindlichen Zellen schädigen, können Neutronen ihre Wirkung in jeder Zellphase entwickeln; d.h. sie besitzen einen höheren Wirkungsgrad. So wurde durch eine relativ schwache Strahlung, die nach ABELSON u. KRUGER (2) schätzungsweise 50 n[1)] im Durchschnitt betrug und nur in 2 Fällen eine geringe Epilation und keine Veränderungen des Blutbildes auslöste, bereits ein nicht bei so geringer Dosis erwarteter Linsenschaden gesetzt. Inwieweit nun einzig und allein eine oder mehrere Einzelbestrahlungen oder die dauernde Exposition für den Schaden heranzuziehen sind, konnte nicht entschieden werden, da für diesen Zweck nur mehrere Jahre alte Aufzeichnungen über die mit Taschen- und Filmdosimetern ausgeführten Messungen, die ursprünglich zur Messung der Gamma-Strahlen entwickelt wurden, zur Verfügung standen. Nach ABELSON u. KRUGER (2) waren die Betreffen-

1) Die Dosiseinheit N=n entspricht jener Neutronenstrahlung, die in einer Ionisationskammer dieselbe Anzahl an Ionen wie 1 r erzeugt, doch ist der biologische Effekt der Neutronen etwa 2, 5 mal größer (STONE (184)).

den folgender geschätzter Strahlung ausgesetzt:

TABELLE IX

Zeit der wahrscheinlichen Exposition	Geschätzte Gesamtdosis in N	Dauer der Bestrahlung in Wochen	Spaltlampenbefund (Jan. 1949) (nach KRAUSE u. BOND)
1) 1944	135 (einmalig)	200	Untertassen-scheibenförmige Trübungen in der hinteren Rinde; leichter, subkapsulärer Nebel in der vorderen Rindenschicht
2) 1943-44	80	25	
3) 1943-44	80	25	
4) 1941-47	30 - 40	250	Geringe Veränderungen in der hinteren Rinde; weiße Trübungen mit Neigung zur Untertassen- oder Scheibenform; leichter Nebel in der vorderen Rinde.
5) 1947-48	30 -100	10	
6) 1947-48	20 -100	30	
7) 1943-44	10	25	
8) 1939-42	70	100	Dünne, streifige Trübung in der hinteren Rinde; gelegentliche punktierte Tüpfel; kapsuläres Schillern; angezweifelte pathologische Befunde.
9) 1947-48	4 - 25	10	
10) 1938-40	15	80	

HAM (68) erwähnte 4 weitere Kataraktfälle bei an Zyklotronen Beschäftigten in den USA; KRAUSE u. BOND (95) zählten 5 Fälle auf, die unter den Arbeitern a Argonne National Laboratory bekannt wurden:

TABELLE X

lter Jahre)	Datum der Exposition	Art der Strahlenquelle	Zeit bis zur Untersuchung (Jahre)	Spaltlampenbefund und Visus
) 24	1943-44	Zyklotron	2 - 3	Feine, rauhreifschimmelartige Trübungen in der hinteren Rinde. Vis.: re. 20/50; li.: 20/25 - 2
) 37	1941-42	Zyklotron; zureichender Schutz vor dem bestrahlten Material.	7 - 8	Zunehmendes Grauwerden der optischen Trennungsfläche zwischen der hint. Rinde und dem Alterskern. Vis.: 20/200 bds.
) 35	1940	Zyklotron	9	Vordere und hintere feine punktförmige Trübungen bds. Vis.: re. 20/15 - 3, li. 20/15 - 4
) 30	1940-49	Baute mehrere Van der Graaf Maschinen. Geringe Exposition von Röntgenstrahlen	9	Re. reife, hintere Kerntrübungen, li. punktförmige Trübungen. Vis.: re. 20/40, li. 20/40 + 2
) 32	1946	Radioaktives Material		Beiderseitige hintere subkapsuläre Veränderungen. Vis.: re. 20/50 + 3, li. 20/50 + 3

Es wird angenommen, daß die Patienten 1 und 3 einer Neutronenstrahlung ausgesetzt waren, deren Dosis weder gemessen noch errechnet wurde. Beim Patienten 1 schritt die Katarakt im Jahr nach der Untersuchung außerordentlich schnell voran.

14 weitere aufgeführte Untersuchte zeigten keine Linsenveränderungen, ob gleich einige von ihnen länger als die Fälle 1, 2, 3 und 5 (bis zu 5 Jahren diesem Laboratorium beschäftigt waren. Der Patient 4 weist die längste Be tigungszeit von allen auf. Bei mehreren aufgeführten Personen ist der Visu herabgesetzt, doch wird nicht angegeben, inwieweit eine Verminderung d Sehschärfe während der Beschäftigung eintrat. Alle Untersuchten sind nicht ter als 42 Jahre. KRAUSE u. BOND (95) führen die negativen Untersuchung gebnisse auf die jetzt besseren Schutzbedingungen zurück.

Auch aus Frankreich liegt ein Bericht von DOLLFUS (40) vor, in dem über sichere und 3 wahrscheinliche Strahlenkataraktfälle berichtet wird.

27 Personen, die an einem Zyklotron arbeiteten, wurden der fachärztlichen tersuchung zugeführt. Es handelte sich um 15 Wissenschaftler, die Versuche dem Zyklotron durchgeführt hatten und 12 Arbeiter, denen die Wartung und weise die Beschickung des Gerätes oblag. DOLLFUS (40) teilt die Fälle nach dem Grad der Linsenschädigung in 4 Gruppen ein:

TABELLE XI

Gruppe	Zahl d. Fälle	Dauer der Beschäftigung bis zur Untersuchung	Alter (Jahre)	Befund
A	20	in einem Fall 20 Jahre		keine Linsenveränderungen
B	1	9 Jahre	43	bds. typische Strahlenkatarakt; keine Epilation am Kopf, jedoch, da Linkshänder, am li. Unterarm
C	3	a) 3 Jahre b) 4 " c) 5 "	27 22 35	Veränderungen in der vorderen u. hinteren Rinde. c) außerdem Leukopenie
D	3	a) 2 Jahre b) 8 " c)14 "	20 bis 48	keine eindeutig pathologischen Linsenveränderungen

OLLFUS (40) verglich den Grad der Linsenschädigung seiner Gruppen B, C nd D mit denen der Gruppen A, B und C nach ABELSON u. KRUGER (2). Über ie Dosis, der die einzelnen Personen ausgesetzt waren, kann er keine Angaben achen. Die Linsenveränderungen werden von ihm auf Neutronenstrahlen zurück- eführt. Der 35-jährige Physiker der Gruppe C war bei einem über 14 Tage ge- enden Versuch 8mal am Tage für einige Sekunden ungeschützt einer Neutro- enstrahlung ausgesetzt. Bemerkt wird ferner, daß der 22-jährige Arbeiter der ruppe C oft in dem Raum geschlafen hat, in dem das Zyklotron steht.

arüber hinaus berichten HEMPELMANN, LISKO u. HOFFMAN (70) über zwei wischenfälle bei Kernspaltungsversuchen im Reaktor Los Alamos Scientific aboratory im August 1945 und Mai 1946. Bei einem der Opfer, das 3 Fuß vom ersuch entfernt war, entwickelten sich Linsentrübungen, während zwei, die on einer größeren Strahlenmenge getroffen wurden, starben, bevor ein Linsen- chaden manifest wurde. Bei den weiteren Überlebenden, für die HAM (68) eine ugendosis von 4 bis 21 rep angibt, lagen bis Februar 1952 keine Nachrichten ber beobachtete Linsenschäden vor. Die Strahlung bestand nicht nur aus pri- ären Strahlen, sondern zu einem erheblichen Teil aus Streustrahlen, die von en Wänden, der Decke und Gegenständen reflektiert wurden. Ein Unterschied u der Wirkung der Atombombe bestand insofern, als keine Druckwelle und litze frei wurden. Alle bei den Opfern gefundenen Symptome sind reine Strah- eneffekte, die durch harte Gamma-Strahlen, einer relativ geringen Menge näßig beschleunigter Neutronen und einer großen Menge Beta-Strahlen sowie eicher Röntgensekundär-Strahlung ausgelöst wurden.

ei dem damals 34 Jahre alten überlebenden Wissenschaftler, der Linsentrübun- en bekam und dessen linkes Auge wahrscheinlich von 45 rep (HAM (68)) bei iner geschätzten Körperdosis von 390 r (80 kV) Röntgen-Strahlen und 26, 4 r Gamma-Strahlen getroffen wurde, zeigte die linke Linse 32 Monate nach dem Zwischenfall die ersten Anzeichen einer Katarakt in der Form eines unbestimm- en Nebels in der hinteren Rinde. 6 Monate später fand sich im hinteren Drittel er Rinde eine scheibenförmige Trübung, ein subkapsulärer und gleichzeitig ein raglicher Nebel in der Kapsel am hinteren Pol; die Linsenveränderung war somit n 6 Monaten rasch fortgeschritten. Der Visus betrug zu dieser Zeit 20/40. Bei iner Kontrolle 20 weitere Monate später, 58 Monate nach dem Unfall, fand nan eine Sehschärfe von 20/200, während jetzt auch in der rechten Linse kli- ische Kataraktzeichen bei einem Visus von 20/25 sichtbar wurden.

3) Die durch Atombomben verursachte Strahlenkatarakt

Am 6. August 1945 explodierte die erste bei einem Angriff verwandte Atom-bombe über Hiroshima; 3 Tage später, am 9. August 1945, wurde eine zwe über Nagasaki abgeworfen. Nach einer Schätzung von Le ROY (106) wurde Bevölkerung durch diese Angriffe auf die beiden Städte in folgender Weise i Bezug auf ihr Leben und ihre Gesundheit getroffen:

	Hiroshima	Nagasaki
Bevölkerung	300 000	200 000
Getötet	80 000	40 000
Verletzt	40 000	25 000
Sofortige Behandlung benötigende Fälle	85 000	50 000

Etwa 1/7 der Verletzten waren der Strahlung bei der Explosion so stark ausge setzt, daß sich bei ihnen bereits 1-4 Wochen danach die ersten Strahlenschä den bemerkbar machten. Eine genaue Dosisangabe[1] ist nicht möglich Le RO (106), doch nahm die Strahlung mit der Entfernung entsprechend den bekannt physikalischen Gesetzen ab, wobei diejenigen Bewohner der Städte, die sich festen Häusern oder unterirdischen Luftschutzkellern befanden, bei gleicher E fernung vom Explosionszentrum weniger der Strahlung ausgesetzt waren als di die sich im Freien oder in den dort weit verbreiteten Holzhäusern aufhielten. LARKIN (101) teilte den Wirkungsbereich der Atombomben in Zonen ein, wi auch die meisten anderen Autoren stets die Entfernung vom Explosionszentrum bei der Beschreibung berücksichtigen. LARKIN unterscheidet eine

1. Zone: vom Zentrum bis 1000 m; letale Zone, da es in diesem Bereich nur wenige Überlebende gab. LARKIN weiß über eine überlebende Perso die sich im Freien aufhielt, und zwei weitere, die in einem Haus w ren, zu berichten.

1) Nach HAM (68) betrug die Strahlung schneller Neutronen im Abstand von 3600 ft (1, 97 km) von der sog. Nominalbombe 3-15 rep. Die entsprechend Gamma-Strahlung würde dann etwa 600 r betragen. LARKIN (101) hat ver-sucht, die Strahlenintensität und die Dosis in r in den einzelnen Zonen auf Grund der Zellreduktion des Blutes zu errechnen. Er gab für die Entfernung vom Explosionszentrum bis zu 1000 m eine schwere, penetrierende vorzüg-lich aus Neutronen und Gamma-Strahlen bestehende letale Strahlung an. Ü 1000 m war ein deutlicher Abfall der Neutronenstrahlung festzustellen, so die Gamma-Strahlen in den Vordergrund traten. Für diese errechnete er fü Entfernung von 1250 m 473 r/cm^2. KRAUSE u. BOND (95) errechneten nach nen Angaben für die Entfernung von 1250-1500 m eine Gamma-Strahlung v 202 r/cm^2.

. Zone: von 1000 bis 1250 m; die Überlebenden dieser Zone zeigten ein Maximum an Strahlenschäden.

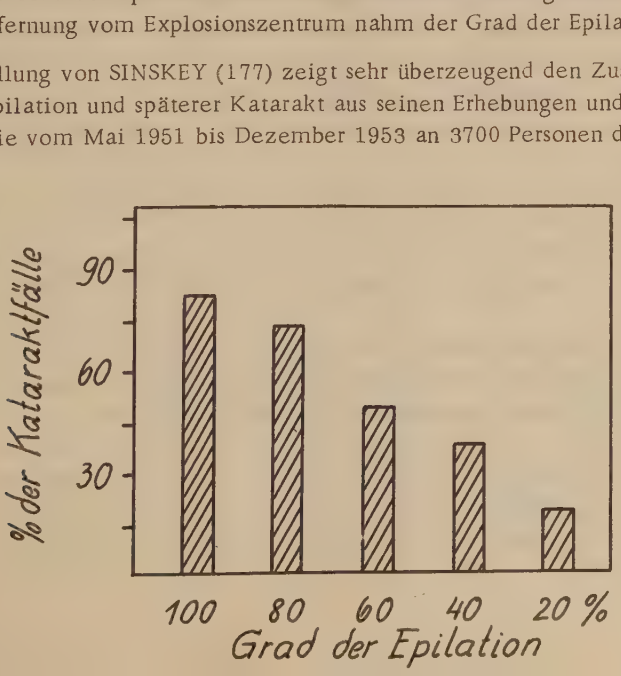
. Zone: von 1250 bis 1500 m; die Überlebenden zeigten leichtere Strahlenschäden.

. Zone: von 1500 bis 1750 m;

. Zone: über 1750 m;
in den drei letzten Zonen wurden schwere oberflächliche Verbrennungen aber teilweise keine Bestrahlungseffekte beobachtet.

)a die Strahlungsstärke nicht bekannt ist, nahmen viele Autoren, um wenigtens einen gewissen Anhalt zu haben, das Symptom der Epilation als Kriterium er Dosis, die den einzelnen getroffen hatte. Bei der Besprechung der geringten kataraktauslösenden Dosis wurde bereits darauf hingewiesen, daß SCHEERER 167) die Epilationsdosis für groß genug hielt, eine Linsenveränderung hervorzuufen, während andere Autoren noch geringere Strahlenmengen als für die Linse schädlich ansahen. Außerdem zeigen klinische, in Tabelle I aufgeführte eobachtungen und experimentelle Versuche, daß die Strahlenepilation in vieen Fällen eine Katarakt zur Folge hatte. Hauptsächlich betraf der Haarausfall ie Kopfbehaarung, wobei bei Jugendlichen der Haarausfall in größerem Maße ls bei älteren Personen beobachtet wurde. Nur wenige Patienten hatten allerings einen bleibenden Haarausfall; bei den meisten wuchsen die Haare mit der Zeit wieder nach. LARKIN (101) schreibt, daß bei den Patienten aus der Zone und 3 meist eine Epilation eintrat; wobei 76 % der Überlebenden aus der Zone und 22 % der aus Zone 3 einen partiellen Haarausfall hatten. Im allgemeien war der Grad der Epilation der Personen aus der Zone 2 größer. Mit zunehnender Entfernung vom Explosionszentrum nahm der Grad der Epilation ab.

ine Aufstellung von SINSKEY (177) zeigt sehr überzeugend den Zusammenang von Epilation und späterer Katarakt aus seinen Erhebungen und Untersuchungen, die vom Mai 1951 bis Dezember 1953 an 3700 Personen durchgeführt wurden:



Andere Berichte erhalten ähnliche Angaben. Die von COGAN, MARTIN u
MURA (28) in Tabelle XII angeführten 10 Fälle waren alle nach 1 - 4 Wo
bis zum 3. - 7. Monat kahlköpfig. MASUDA (115) berichtet, daß von 11
tienten mit Epilation 52 (46, 4 %) eine Katarakt bekamen. Bei der Zusam
stellung des Symptoms des Haarausfalls mit einem anderen ergaben sich n
seinen Beobachtungen folgende Verhältnisse:

Haarausfall und Blutungen: von 70 Pat. 32 (45, 2 %) Kataraktfälle,
" " Durchfälle: von 66 Pat. 24 (36, 3 %) "
" " Fieber: von 67 Pat. 28 (41, 7 %) "

Daß aber nicht in jedem Fall einer Atombombenkatarakt ein Atomsymptom
der Linsenveränderung vorausging, zeigt MASUDA (115). Von 520 Patiente
hatten 274 (54, 6 %) Atomsymptome. Von diesen 274 Patienten bekamen 9
(33, 2 %) im Laufe der Zeit eine Katarakt. Die Anamnese der restlichen un
suchten 246 Patienten wies keine Atomsymptome auf, doch hatten 48 (19, 5
von ihnen bei der Untersuchung eine Strahlenkatarakt. Bei besonders schwer
troffenen zeigten sich die Anzeichen einer Strahlenkatarakt etwa 2 Jahre[2] n
der Explosion. Nicht in allen Fällen war die Abnahme der Sehschärfe der An
sich einer Untersuchung zu stellen, sondern oft wurden erst bei Reihenunters
chungen die Linsenveränderungen entdeckt.[3] Nach den Untersuchungen von
MASUDA, KANDORI u. Mitarbeiter (85) haben 26, 6 % der Überlebenden au

---

1) Die vielfältigen, durch die Wirkungen der Atombomben ausgelösten Symp
(neben Verbrennungen, mechanischen Verletzungen desgleichen innere Bl
tungen, Zahnfleischblutungen, Nasenblutungen, purulente Konjunktivitis
(FLICK (57)), Erbrechen, Haarausfall, Durchfälle, Mensisstörungen, Fiebe
Müdigkeit, Veränderungen des Blutbildes und des Knochenmarkes usw.) fa
die Japaner unter dem Begriff der Atomkrankheit zusammen, der auch ver
schiedentlich in die amerikanische Literatur Eingang fand, wie MASUDA
(115) summarisch von Atomsymptomen spricht.

2) Einen extrem frühen Fall (6. Mon.) führt COGAN (28) 1949 an. Nach SCHL
GEL (169) hat SCHOJI eine Katarakt 40 Tage nach dem Angriff auf Hiroshi
beobachtet.

3) Hierzu bemerken KANDORI u. MASUDA (85): "Obgleich in vielen Fällen e
normaler Visus festgestellt wurde, fand sich klinisch eine Katarakt". Sie fü
ren folgende Zusammenstellung über ihre 116 Fälle an:

Visus	Zahl der Fälle	%
über 20/20	62	53, 5
20/25 - 20/200	50	43, 1
unter 20/200	4	3, 4
	116	100, 0

Hiroshima Strahlenschäden der Linse. Nach Hirose beträgt die Schädigungsrate in Nagasaki 41, 8 %, ein höherer Prozentsatz als in Hiroshima also, den man aus dem Charakter der Landschaft und der Zusammensetzung der Strahlung zu erklären versucht. Über Beobachtungen von Katarakten infolge der Explosionen der Atombomben berichten folgende Autoren:

TABELLE XII

		Zahl der Kataraktfälle in Hiroshima	in Nagasaki	gesamt
Cogan, Martin				
Kimura (28)	1949:	9	1	10
Kimura, Ikui (88)	1951:	4		4
Hirose 1)	1953:		182	182
Sinskey (177)	1955:			154
Masuda (115)	1955:	138 (19)[3]		138 (19)
Maetane, Okada	1):	30		30
Kimura	1):	85		85
Itschihara (83) 2)	1955:			1
Maetane (113) 2)	1955:	26		26
Kandori, Masuda (85)	1956:	116		116

Weitere Berichte wurden von HUJINO und TOKUNAGA veröffentlicht, die nicht erhältlich waren. TSCHUKAHARA (199) stellt seine Beobachtungen an 30 Patienten teilweise, SCHOJI (172) seine an einem Patienten in Zweifel.

Inwieweit insbesondere bei den gleichen Verfassern Fälle mehrmals gezählt wurden, kann den Arbeiten nicht entnommen werden.

Einen weiteren Kataraktfall, der nach einer Versuchsexplosion einer Atombombe auftrat, zählt COGAN (34) 1952 auf.

---

1) Angaben nach MASUDA (115) 1955.

2) Diskussionsbeiträge zu MASUDA (115) 1955.

3) Bei weiteren 108 Patienten, die von MASUDA wegen anderen Augenkrankheiten untersucht wurden und nicht im Bereich der Atombombemexplosion waren, fand er bei 19 (17, 6 %) eine Katarakt, die klinisch die gleichen Charakteristika aufwies wie die durch die Atombombenstrahlung verursachte. Unter anderem fand er bei 11 Patienten mit Netzhautdegenerationen 9 Kataraktfälle, bei 7 Pat. mit starker Myopie 5 Kataraktfälle, bei 10 Glaskörpertrübungen, bei einem Mb. Pringel und einer Papillenatrophie je einen Kataraktfall.

Einen gewissen Eindruck über den Grad der Katarakt vermittelt die Aufstel von MASUDA (115), wenn man sie mit den auf Seite 38 dieser Arbeit bes benen morphologischen Veränderungen der Linse vergleicht. Die Beobacht von MASUDA (115) stammen aus der Zeit vom Juni 1953 bis zum Februar und er fand bei 137 Patienten folgende Linsenveränderungen, die er auf ei Abbildung schematisch darstellte:

Art der Kataraktform:	Zahl der Fälle:
Punktförmige Trübungen	6
Vakuolenform	2
Gerinnungsform	23
Unregelmäßig (sternförmig)	2
Vollständige und unvollst. Ringform	32
Ringform mit Nabel	8
Aufgelockerte Form mit dichterem Rand	59
Amöbenform	2
Tellerform	3

Der Visus dieser Untersuchten betrug bei 51, 4 % der Patienten 1, 0; nur 4 Pa tienten hatten einen Visus, der geringer als 0, 1 war. Verschiedene Autoren, BUGHER (22) u. a., berichten, daß insbesondere die Neutronenstrahlung nur eine Wirkung bis zu einer Entfernung von 1000 m vom Explosionszentrum geh hätte, der nach BUGHER (22), COGAN u. Mitarbeiter (28, 29, 30) u. a. eine besondere Bedeutung für die Entwicklung der Strahlenkatarakt beizumessen is LARKIN (101) meint, daß wohl die Neutronenstrahlung bei einer Entfernung v 1000 m stark abfiel, doch sind die Strahlenschäden in der Zone 2 und 3 des gleichen vornehmlich auf sie zurückzuführen, da der biologische Effekt der Neutronen siebenmal größer als der der Gamma-Strahlen ist.

Aus der nachfolgenden Tabelle XIII ist auf Grund der klinischen Beobachtunge in Übereinstimmung mit der oben vertretenen Meinung eine Abnahme der Ka taraktfälle mit der Entfernung vom Explosionszentrum zu ersehen. (Da die Bo ben in Hiroshima und Nagasaki über der Erdoberfläche explodierten, sprechen einige Autoren bei der Ausmessung der Entfernung von dem auf die Erdoberflä projizierten "Hypozentrum", andere berechnen die Entfernung vom "Epizentr daneben sind die Ausdrücke "Null-Zone" oder "Null-Punkt" gebräuchlich.) N HIROSE (73) war die Katarakt der Patienten, die sich innerhalb der Zone bis z einem Kilometer vom Explosionszentrum aufhielten, besonders häufig stark pr gressiv. Auch Regression der klinischen Befunde trat ein. DONALDSON fand n HAM (68) 6 Jahre nach dem Bombenabwurf anläßlich einer Nachuntersuchung von 70 Patienten mäßigen Rückgang der Trübungen bei 2 % der Patienten, leic

TABELLE XIII

Kataraktfälle in Abhängigkeit von der Entfernung vom Explosionszentrum

Cogan, Martin, Kimura (28) 1949:

	bis 1000 m	bis 2000 m
a) z.Z. der Explosion im Freien	16 Pat.	984 Pat.
	kein Kataraktfall	
b) z.Z. der Explosion weder im Freien noch in Holzhäusern	231 Pat.	
	5 Kataraktfälle	

Bugher (22) 1952: bis 1200 m

1/10 der Untersuchten hatte Linsenveränderungen verschiedenen Grades

Sinskey (177) 1953: (Berichtsabschlußdatum)

1000 - 1119 m	1200 - 1390 m	1400 - 1590 m	1600 - 1800 m
ca. 60 %	ca. 50 %	ca. 20 %	ca. 10 %

Kandori, Masuda (85) 1954: (Berichtsabschlußdatum)

Masuda (115) 1955:

		der Untersuchten hatten Linsenveränderungen			
		unter 2 km	2 - 3 km	3 - 4 km	über 4 km
Kandori, Masuda	Patienten:	159	126	126	25
	Katarakt-Fälle:	87	25	4	1
Masuda	Patienten:	208	151	32	29
	Katarakt-Fälle:	101	32	5	2 +)
		48,5 %	21,1 %		

+) Diese beiden Patienten sind nach dem Angriff nicht zu Hause geblieben, sondern unterwegs gewesen.

ten Rückgang bei 17 %, keine Veränderung des Befundes bei 36 %, leichtes Fortschreiten bei 15 %, mäßiges Fortschreiten bei 26 % und Zeichen eines deutenden Fortschreitens bei 4 %. Rechnet man die Angaben von SINSKEY um, so erhält man für seine Daten im Bereich von 1000 - 1800 m eine Mortität von ca. 37 %, ein Prozentsatz, der geringer als der von MASUDA (115) gebene ist.

Im Widerspruch zu der allgemeinen Annahme, daß die Personen, die sich z Zeit der Explosion in festen Häusern befanden, weniger der Strahlung ausge waren, stehen die in Tabelle XIII aufgeführten Untersuchungsergebnisse vor COGAN, MARTIN u. KIMURA (28). Auch TOZUKI (192) hat bei den Überl benden ähnliche statistische Ergebnisse gefunden. Bei ihm wiesen von denen die sich im Freien befanden, nur 46, 3 %, dagegen die, die in festen Häuse waren, 53, 6 % Strahlenschäden auf. MASUDA (115) zählte 183 Patienten, im Freien waren. Von diesen hatten 48 (26, 2 %) eine Katarakt, während sic 337 Patienten, von denen 89 (26, 7 %) eine Katarakt bekamen, in Häusern a hielten. Ähnliche Verhältnisse sind der Arbeit von KIMURA u. MASUDA (85 zu entnehmen.[1] Der statistische Nachweis der größeren Strahlenschädigung Personen im Freien kann heutzutage nicht mehr geführt werden. Obige Erheb gen zeigen etwa ein Verhältnis 1:1. Dieses liegt daran, daß einerseits ein gr Teil der Befragten sich nicht mehr genau an die näheren Umstände (z.B. inw weit der Betroffene durch Hauswände usw. geschützt war) erinnern kann, zum anderen gerade die Sterblichkeit nach der Explosion unter denen besonders gr war, die von den Angriffen im Freien überrascht wurden; sie damit retrospekt ven Nachforschungen nicht mehr zur Verfügung stehen.

Aus Tabellen XII und XIII ist ferner ersichtlich, daß die Zahl der Überlebend bei denen ein Linsenschaden vorliegt, mit zunehmender Beobachtungszeit im größer wird. Während FLICK (57) 1945 (Berichtsabschlußdatum), TAMURA, IKUI, NAKANO, HIWATASCHI u. OSCHIO (188) 1946 und Le ROY (106) 194 noch keine klinisch in Japan beobachtete Strahlenkatarakt beschreiben konnte wurden 1949 durch COGAN, MARTIN u. KIMURA (28) 10 Fälle veröffentlicht 2 dieser Patienten waren bereits von IKUI, 1 von HIROSE untersucht worden. Nach MASUDA (115) hat KIMURA die erste Katarakt beschrieben, die infolge einer Atombombenexplosion auftrat. Der Grund der anwachsenden Zahl der

1) LARKIN (101) berichtet, daß bei 92 Patienten aus den Zonen 2, 3, 4 und 5 in 4 Fällen aus der Zone 2 genügender Schutz gegen die Strahlen und Verbrennungen durch ein Zementdach geboten wurde. In Zone 2 haben die Holzhäuser Verbrennungsschäden vermieden, doch waren sie kein Schutz gegen die penetrierende Strahlung.

insenschädigungen ist sowohl in der Latenzzeit, als auch in den immer wei-
re Bevölkerungskreise erfassenden systematischen Untersuchungen zu sehen,
ie sich nicht nur auf Personen erstreckten, die über Sehbeschwerden zu klagen
atten.

uf Seite 42 stand bereits zur Diskussion, ob die jugendliche Linse strahlen-
mpfindlicher ist als die älterer Personen. Aus den klinischen Erfahrungen konn-
e unter Berücksichtigung der in Tabelle I aufgeführten Fälle infolge des gerin-
en Materials keine eindeutige Aussage darüber gemacht werden. Auch
ERRIAM u. FOCHT (121), denen das größte Krankengut zur Verfügung stand,
eröffentlichten ihre Ergebnisse noch mit einem gewissen Vorbehalt, KANDORI
. MASUDA (85, 115) kommen aber in ihren Arbeiten zu dem Schluß, daß
ei den durch Atombombenexplosion hervorgerufenen Strahlenschädigungen der
rößte prozentuale Anteil der jetzt bekannten Linsenschädigungen bei Jugend-
chen gefunden wird, die zur Zeit des Atombombenabwurfs jünger als 5 Jahre
aren. Sie belegen ihre Ansicht durch nachfolgendes Zahlenmaterial, wobei
as in Tabelle XIV angegebene Alter sich auf das Datum der Untersuchung be-
ieht, so daß alle Patienten zum Schädigungszeitpunkt etwa 10 Jahre jünger
aren.

TABELLE XIV

Kataraktfälle in Bezug auf das Alter des Patienten

	Zahl der Patienten	davon Katarakt	%
ANDORI u. MASUDA (85):			
Unter 15 Jahre	113	42	36, 2
16 - 25 " :	91	28	30, 7
26 - 40 " :	104	26	25, 0
über 41 " :	127	20	15, 7
MASUDA (115)			
Unter 15 Jahre:	137	50	36, 5
16 - 25 " :	112	31	27, 6
26 - 40 " :	119	31	26, 0
über 41 " :	152	25	16, 4

Aus allem, was bisher über die Strahlenkatarakt berichtet wurde, geht hervor,
daß es sich um eine exogene Schädigung der Linse handelt, so daß die Strah-
enkatarakt in die Gruppe der Cataracta traumatica einzureihen ist. Es müssen
lso alle Starformen dieser Gruppe und im besonderen die, die mit hinteren
ubkapsulären Veränderungen beginnen, durch differenzialdiagnostische Über-

legungen von der Strahlenkatarakt getrennt wurden. VOGT (202), ROHRSC
DER (152) u. a. haben ausführlich zu dieser Frage Stellung genommen, wes
im Rahmen dieser Aufzeichnungen nicht darauf eingegangen werden soll.

Ferner zeigt die Zahl der aufgeführten Strahlungsschäden der Linse, daß sel
heute noch einmal bei der therapeutischen Anwendung strahlender Energie
zum anderen in den Stätten der Forschung Anstrengungen zur Verbesserung
Strahlenschutzvorrichtungen gemacht werden müssen, um die Schäden auf
Minimum herabzudrücken.

Die Katarakt stellt in ihrem Anfang kaum, in fortschreitendem Stadium abe
eine erhebliche Behinderung dar. Sie kann einen chirurgischen Eingriff unbe
dingt notwendig machen, da bis heute noch keine Mittel gefunden wurden,
vorbeugend die Entstehung der Katarakt verhindern oder die einen einmal ge
setzten Linsenschaden reparieren können.

So liegt das Problem der Strahlenkatarakt einzig und allein in ihrer Verhütu
durch zweckmäßige und zuverlässige Maßnahmen und Schutzvorrichtungen.

II. ERGEBNISSE DER EXPERIMENTELLEN FORSCHUNG

e experimentellen Arbeiten zum Studium und zur Klärung der Problematik
: Strahlenkatarakt wurden auf verschiedenen Wegen und mit unterschiedli-
en Mitteln vorangetrieben. Sie stellen in ihrer Gesamtheit nicht nur einen
itrag zur Klärung der Veränderungen der Linse nach Bestrahlung dar, sondern
nnen mit als ein Weg zur Erforschung der Physiologie der Linse und ihres
offwechsels im allgemeinen angesehen werden. Die angewandten und beschrie-
nen Methoden sind mannigfaltig; doch tragen sie alle dazu bei, die Genese
r Schädigung und deren Weiterentwicklung aufzudecken. Darüber hinaus wur-
n Erkenntnisse zur Vermeidung von Linsenschäden erworben, die in der klini-
nen Praxis große Bedeutung erlangten.

ach dem Bekanntwerden, daß Röntgenstrahlen die Fähigkeit besitzen, eine
nsentrübung auszulösen, gingen die ersten Bestrahlungsversuche dahin, diese
inisch beobachtete Tatsache experimentell zu verifizieren. Wenn auch ver-
niedentlich in der Literatur angegeben wird, daß CHALUPECKY (15) als er-
:r im Tierversuch eine durch Röntgenstrahlen induzierte Katarakt beobachtete,
läßt sich in seinen Veröffentlichungen kein Anhalt dafür finden; den einen
n ihm bei einem Meerschweinchen beobachteten vorderen Polstar führt er
cht auf die Wirkung der Röntgenstrahlen zurück.

uf Seite 1 wurde bereits darauf hingewiesen, daß TRIBONDEAU u. RÉCAMIER
95) 1905, kurz vor den Berichten von GUTTMANN (65) und TREUTLER (194)
Heidelberg über deren klinische Beobachtungen, drei Tage alte Katzen einer
ntgenbestrahlung aussetzten, die zu Linsenveränderungen in ganz kurzer Zeit
hrte. Es zeigte sich auch, daß das Wachstum des der Strahlenquelle zugewandten
ges zurückblieb, eine Tatsache, die von anderen Autoren (LORENZ u. DUNN
11), EHLING u. KROKOWSKI (46) u. a. immer wieder bestätigt wird. BELLEY
3) führte 1907 in diesem Zusammenhang aus, daß die Wachstumshemmung
ne Abhängigkeit von der Dauer und der Intensität der Bestrahlung zeigte. Die
ntwicklung des Auges blieb jedoch nicht stehen, zeigte allerdings ein langsa-
eres Wachstum als das weniger oder ein gar nicht bestrahltes Auge. Je größer
as Intervall von der Bestrahlung bis zum Töten des Tieres war, desto deutlicher
urde der Größenunterschied.

eine Versuche führte BELLEY (13) desgleichen an neugeborenen Katzen aus.
linisch wurde der Star bei seinen Versuchen etwa 33 Tage nach der Bestrah-
ng sichtbar. Er begann in der Peripherie und entwickelte sich zum Linsen-
entrum hin, bis schließlich die ganze Linse ein milchiges Aussehen hatte.

ach den zuvor von anderen, wie BIRCH-HIRSCHFELD (15) und SCHOLTZ (173),

unternommenen negativen Versuchen, stellten diese Ergebnisse bereits klar, daß den Röntgenstrahlen die anfangs verschiedentlich angezweifelte Wirkung auf die Linse eigen ist. BOSSUET (21) konnte 1909 durch seine Versuche fe beweisen, daß nicht nur die Linse neugeborener Tiere durch die Strahlenwirkung veranlaßt wird, eine Katarakt auszubilden, sondern bereits eine Schä gung des Fetus intrauterin erfolgen kann. v. HIPPEL (72) hatte 2 Jahre zuvo die gleiche Frage aufgeworfen. Wenngleich er auch Stare unter diesen Bedi gungen erzeugen konnte, so kam er doch durch Kontrollversuche, in denen die Spezifität der Strahlenwirkung überprüfen wollte, zu dem Schluß, daß biologische Wirkung der Röntgenstrahlen durch intrakutane Cholininjektione imitiert werden kann. Darüber hinaus gelang es BOSSUET (21) in einer drit Versuchsreihe auch bei erwachsenen Tieren nach deren Tötung mikroskopisc Veränderungen der Linse zu beobachten, und zwar jene, die für den Strahle star u. a. typisch sind.

Daß aber nicht alle Versuche erfolgreich waren und für lange Zeit weitere F schläge folgten, zeigen die Versuche vieler Autoren. Der von TRIBONDEAU LAFARGUE (197) unternommene Versuch, desgleichen bei ausgewachsenen K ninchen eine Katarakt zu erzeugen, schlug fehl. Die bestrahlten Tiere wurd 1 1/2 Monate nach der Bestrahlung getötet. Ihre Linsen zeigten weder ophth moskopische noch mikroskopische Veränderungen. Durch einen erweiternden Versuch gelangten die Autoren zu der Ansicht, daß die jugendliche Linse bal große Resistenz gegen Strahlen erwerben würde. Auch z. B. ROLLET u. MALC (154) (1914), RAUCH (140) (1914), PAGENSTECHER (130) (1914), TERRIEN u LEDOUX-LEBARD (189) (1919), gelang es nicht, eine Katarakt bei erwachsen Tieren zu erzeugen und zu beobachten, was RADOS u. SCHINZ (139) 1922 z der Annahme veranlaßte, daß die Linse in einmaliger Sitzung 80 % HED ohne Schaden verträgt und daß das Auge im Vergleich zur Haut weniger strahlen- empfindlich ist.

Erst 1922 berichtete FROGÉ (59) wieder über 4 Kaninchen, bei denen sich na Röntgenbestrahlungen bei den mikroskopischen Untersuchungen Zeichen einer Katarakt fanden.

Während durch Radium keine eindeutige Katarakt erzeugt werden konnte, be- schrieb ABELSDORFF (1) 1914 gelegentliche leichte Linsentrübungen am hinte ren Pol nach Injektion von Thorium X in die Vorderkammer; doch blieb bei d Mehrzahl seiner Versuchstiere die Linse klar. Ähnliche Versuche mit Thorium unternahm STARGARDT (179) 1915. Er stellte eine größere Häufigkeit der Lin senschädigung einige Monate nach der Injektion fest. MEISNER (118) berichte 1924 über Versuche zum Studium der Strahlenwirkung auf die tiefen Augen- abschnitte, wobei durch Einbringen von Thorium X in den Glaskörper eine sch

nförmige Trübung der hinteren Kapsel der Linse auch bei erwachsenen Kanin-
en erzeugt werden konnte.

war die Frage der eindeutigen Wirkung der Strahlen auf die Linse nach den
sten experimentellen Erfolgen noch über Jahre hinaus ungeklärt, bis ROHR-
CHNEIDER (148, 149, 150) in seinen Veröffentlichungen Ende der zwanziger
hre klar herausstellte, daß es nicht nur der Schädigung durch eine ausreichen-
Dosis bedarf, sondern, wie ja aus den klinischen Berichten über die Schädi-
ng der menschlichen Linse immer wieder hervorging, der Schaden an der Lin-
erst nach einem gewissen Intervall manifest und damit nachweisbar wird, ganz
eichgültig, ob es sich um jugendliche oder ältere Tiere handelt. Mit dieser
kenntnis begann eine neue Ära der experimentellen Strahlenforschung in der
phthalmologie. Während man sich bisher um den Nachweis der Katarakt im
lgemeinen bemüht hatte, wandte sich ROHRSCHNEIDER (148, 149, 150, 151)
reits speziellen Problemen zu.

a es nicht als Ziel dieser Arbeit angesehen wird, einen lückenlosen Bericht
er die experimentelle Forschung auf dem Gebiet der Strahlenkatarakt zu ge-
en, sollen nur einige Arbeiten ausgewählt werden, die zu den nachfolgenden
hemen und Problemen Stellung nehmen.

) Die Morphologie der experimentell erzeugten Strahlenkatarakt

bgesehen von einigen geringfügigen Unterschieden weist der Strahlenstar beim
ier die gleichen morphologischen Charakteristika auf, wie sie auf Seite 38
ir die Linsenveränderungen beim Menschen beschrieben wurden. Während je-
och die Beobachtung der Katarakt beim Menschen erst in den meisten Fällen
ann begann, wenn der Patient infolge eines Nachlassens der Sehkraft den Arzt
ufsuchte, sind die Trübungsabläufe der tierischen Linse im Experiment schon
i früheren Stadien beobachtet worden.

. SALLMANN (157) berichtet, daß die ersten pathologischen Zeichen gewöhn-
ich nicht wie im allgemeinen beim Menschen beobachtet am hinteren Pol,
ondern in der Peripherie im Äquatorbereich sichtbar wurden. Dort findet man
inen mehr oder weniger vollständigen, aus feinen Granula und kleinen Bläschen
estehenden Ring. Später treten mehr zentral weitere Veränderungen auf, die
nfänglich keinen Zusammenhang mit den peripheren haben und auch wiederum
ingförmig sein können.

Auch ROHRSCHNEIDER (149), LEINFELDER u. RILEY (105) u. a. berichten, daß
ie zuerst die in der Nähe des Äquators gelegenen peripheren Linsenveränderun-
en beobachteten.

Im Gegensatz dazu beschreiben COGAN u. DONALDSON (31) granuläre Trü
gen, die gewöhnlich in der Mitte der horizontalen Nahtlinie begannen und r
ihren Enden fortschritten. Bei höheren Dosen entwickelten sich nach ihren B
achtungen Vakuolen zuerst an beiden Enden der Nahtlinie, um dann entlang
dieser sich zur Mitte hin perlschnurartig auszubilden. Diese Veränderungen i
Bereich der Nahtlinie bildeten sich gewöhnlich später wieder zurück, so daß
dann das Linsenzentrum klar war.

Über ähnliche Beobachtungen im Bereich der Nahtlinie schreiben Mc. DONA
u. Mitarbeiter (43), LEINFELDER u. KERR (103), GOLDMANN u. LIECHTI (6
CHRISTENBERRY u. FURTH (26), KANDORI (86) u. a.

BIEGEL (14) beschreibt bei Kaninchen als initiale Linsenveränderungen sowoh
punktförmige Trübungen im Bereich der hinteren Naht als auch äquatoriale T
bungen. Er meint, daß die Lokalisation der ersten Veränderungen von der Do
abhängt, denn in seinen Versuchen mit einem Betatron fanden sich die Verär
rungen im Bereich der Naht bei einem Dosisbereich von 225 r bis 900 r, währ
die äquatorialen Veränderungen bei einer Dosis von 1800 r auftraten, wenngl
auch in einigen Fällen bei 1800 r zuerst Vakuolen in der hinteren Rinde von i
gefunden wurden.

Später fanden COGAN u. DONALDSON (31) wie v. SALLMANN (157) einen pa
zentralen und einen peripheren Ring. Zuerst wurde der parazentrale subkapsul
mit einem Durchmesser, der etwa der Länge der hinteren Nahtlinie entsprach,
sichtbar. Zu einem etwas späteren Zeitpunkt beobachteten sie die halskrausen
artigen Veränderungen in der äußersten Linsenperipherie. Mit der Zeit kam es
infolge der zunehmenden Ausdehnung dieser Erscheinungen zum Verwischen,
Ineinanderübergehen dieser Trübungen. Bei ihren Versuchstieren trübte sich da
Linsenzentrum erst ganz zum Schluß. KANDORI (86) beobachtete bei seinen
Versuchstieren dagegen, die bereits für die menschliche Linse beschriebene Tr
bungsscheibe. Diese entwickelte sich aus einer zentralen Nahttrübung.

Die Linsenveränderungen bestehen teils aus Granula, teils aus Vakuolen versch
dener Größe. Radiäre Streifen ziehen von ihnen entsprechend dem Linsenfaser-
verlauf in die Peripherie und zum Linsenzentrum. Die Trübungen liegen wenig
stens in den Anfangsstadien flach der hinteren Kapsel an und sind zur Rinde zu
scharf, manchmal aber auch weniger scharf begrenzt. Wenn die Trübung unter
der hinteren Kapsel schon relativ weit fortgeschritten ist, werden im allgemein
die ersten netzartigen, streifigen, wie ein Beschlag aussehenden, aus schillern-
der Granula und Vakuolen bestehenden oberflächlichen Verdichtungen unter de
vorderen Linsenkapsel beschrieben, die für immer oder längere Zeit durchsich-
tig bleiben; im Gegensatz zu denen unter der hinteren Kapsel, die eine größere
von der Dosis abhängende Tendenz zur Progredienz aufweisen. Nach COGAN u.

ONALDSON (31) sind diese Veränderungen hauptsächlich im Pupillarbereich
ı beobachten. Nach Bestrahlung mit 900 r beobachteten LEINFELDER u. KERR
03) in einer Versuchsserie an Kaninchen das Auftreten von Trübungen unter
er vorderen Kapsel 43 bzw. 64 Tage später als das Erscheinen von Trübungen
ı der hinteren Rinde. Nach ROHRSCHNEIDER (149) können aber auch die vor-
eren Trübungen zeitlich vor denen unter der hinteren Kapsel auftreten. Diese
atsache wurde allerdings von anderen Autoren nur in Einzelfällen bestätigt.

ach dem axialen Fortschreiten des Stars kommt es schließlich zur vollständi-
en Trübung der Linse. Relativ oft bleibt jedoch der Linsenkern frei von Ver-
nderungen, so daß nur eine vordere und eine hintere Trübungsschale den Ein-
lick in den Fundus verwehren. Ob der Kern frei von Veränderungen bleibt, ist
ine Frage der Dosis, denn in Abhängigkeit von der Dosis können die Verände-
ngen in jedem Stadium stehenbleiben, wenn nicht gar bei geringen Dosen eine
egression des klinischen Befundes eintritt.

in bereits für die menschliche Linse beschriebenes Phänomen ist das Abdrän-
en der Katarakt von der hinteren Linsenkapsel, welches wiederholt auch bei
'ieren beobachtet wurde. Daß dieses bei nicht zu großen Dosen und zu einem
erhältnismäßig späten Zeitpunkt eintritt, ist der Arbeit von VOGT (201) zu
ntnehmen: "Abrücken der subkapsulären Trübungen von der Kapsel zufolge
eugebildeter, gesunder Fasern sahen wir 1 1/2 Jahre nach der Bestrahlung mehr-
ach, doch fehlte es nicht selten".

ei Bestrahlungsversuchen mit Neutronen stellten COGAN, GOFF u. GRAVES
33) fest, daß die frühen Linsenveränderungen zweierlei Charakter aufwiesen.
ie unterscheiden nach Art der sichtbaren Veränderungen ein Vakuolen- und
in Granula-Stadium.

Die Vakuolen entstanden nach der Bestrahlung mit hohen Dosen an den Enden
ler hinteren Nahtlinie und verhielten sich so, wie bereits zuvor auf Seite 67
eschrieben wurde. Zusätzlich wird noch bemerkt, daß vielleicht mehr Va-
uolen als nach der Röntgenbestrahlung nicht in direktem Zusammenhang mit
ler Naht standen, sondern um sie herum verstreut lagen. Je größer die Dosis
var, desto eher traten diese Veränderungen auf. Bei einer Dosis von z.B.
x 10^{12}/cm^2 (Zahl der Neutronen auf den cm^2) zeigten sie sich bereits ein
aar Stunden nach der Bestrahlung, während sie z.B. bei einer Dosis von
x 10^{10}/cm^2 erst nach 2 Wochen sichtbar wurden. Wie nach der Röntgenbe-
trahlung waren diese Veränderungen der Linse reversibel. Die Linse war nach
lem Vakuolen-Stadium für eine gewisse Zeit frei von jeder sichtbaren Verän-
lerung. Die Zeit, für die das vorübergehende Vakuolen-Stadium sichtbar war
nd die Länge des freien Intervalls waren desgleichen Funktion der Dosis. Je
größer die Dosis war, desto kürzer war das freie Intervall und desto länger wa-

ren die Vakuolen zu beobachten. Dieses konnte besonders im mittleren Do bereich beobachtet werden, während bei der Bestrahlung mit hohen Dosen nun zu besprechenden Linsenveränderungen bereits zu einem Zeitpunkt ein ten, da noch Vakuolen vorhanden waren.

Auch das Erscheinen der granulären Trübungen und der Grad dieser Schädig zeigten eine Dosisabhängigkeit. Wenn auch der Beginn dieser Veränderunge in jedem Fall später eintrat als bei dem Vakuolen-Stadium, so kam es doch hohen Dosen schon recht früh, nach einigen Tagen, zur Ausbildung von Ver derungen der Linse, die zentral, besonders um die hintere Nahtlinie, und p pher liegen konnten, wie sie für die Röntgenschädigung beschrieben wurden. hohen Dosen traten zuerst die zentralen, dann die am Äquator gelegenen Sc digungen auf; bei Dosen unter 1 x 10^{10}/cm^2 traten sie zum gleichen Zeitpu ein. Im Gegensatz zu dem verhältnismäßig flüchtigen Erscheinen der Vakuo waren die granulären Veränderungen nicht reversibel. Ihre Morphologie und ihr weiteres Verhalten entsprachen den Linsenveränderungen nach Bestrahlun mit Röntgenstrahlen.

2) Die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchungen

Genauere Beschreibungen der Linsen-Histo-Pathologie wurden beim Menschen u. a. von GRZEDZIELSKI (62), KRÜCKMANN (97), LEINFELDER u. KERR (103 REESE (141), COGAN u. DONALDSON (34), KIMURA u. IKUI (88) und SCHL GEL (169), beim Tier u. a. von TRIBONDEAU (195, 196, 197), BELLEY (13), BUSACCA u. SINGHINOLFI (23), ROHRSCHNEIDER (148), OKUSAWA (129), LEINFELDER u. KERR (103), v. SALLMANN (157-162), COGAN u. Mitarbeite (34), KANDORI (86, 87), POPPE (137), BIEGEL (14) u. a. durchgeführt.

Der Angriffspunkt der Strahlen bei der Linse ist vor allem im Keimepithel unter der vorderen Kapsel zu suchen. Das gesunde Linsenepithel besteht aus eine einschichtigen Zellage uniformer, polygonaler Zellen. Gegen den Äquator hi werden die Zellen etwas kleiner. Gelegentlich findet man im Flachschnitt[1] kleine, runde basophile Nukleoli, die halb so groß wie der Kern sind und sich meist in dem Zellteil befinden, der der Rinde benachbart ist.

Durch die Bestrahlung wird sowohl der Zellkern als auch das Zytoplasma geschädigt. Dabei kommt es nicht nur zur Veränderung der einzelnen Elemente für sich, sondern ein Mißverhältnis in der Kern-Plasma-Relation tritt ein.

1) Unter Flachschnitten des Linsenepithels versteht man das Abziehen der vorderen Linsenkapsel, der das Epithel anhaftet, und Auftragen auf einen Objektträger.

ıch v. SALLMANN (156, 157, 161) sind die ersten und schwersten histologi-
ıen Anzeichen der Zellschädigung des Linsenepithels in der germinativen Zo-
zu finden, also dem Teil des Epithels, der die größte Aktivität[1]) besitzt. Ne-
n der Beschreibung der histologischen Veränderungen führten v. SALLMANN
Mitarbeiter (161), in 40 Versuchen, in denen bei einem Teil der Tiere nur
e zentrale, beim zweiten Teil der Tiere nur die periphere Linse einer Bestrah-
ıg ausgesetzt wurde, Zellzählungen durch. Eine größere Anzahl der geschä-
gten Zellen und eine geringe Zahl der Mitosen wurden von ihnen in der germi-
tiven Zone im Vergleich zu dem zentralen Anteil des Linsenepithels nach Be-
ahlung gefunden, wie auch die Zeit bis zum erneuten Anstieg der Zahl der
Teilung befindlichen Zellen nach Schädigung der Linsenperipherie bedeutend
nger war und diese ferner weniger Neigung zu einer überschießenden Kompen-
tionsreaktion zeigte.

an sieht relativ häufig Epithelzellen, die vielmehr Zytoplasma besitzen und
e von den übrigen durch Spalten abgetrennt sind. (COGAN u. Mitarbeiter
4), v. SALLMANN u. Mitarbeiter (161), TRIBONDEAU u. BELLEY (196) be-
chten über intensive Zellücken im Epithel). Zuerst sind sie kaum anders an-
rbbar, später weisen sie Hyperchromasie auf. Im Zytoplasma findet sich dann
eben seiner Zunahme auch eine mehr oder weniger starke Vakuolisierung. Im
ıufe der Zeit werden die interzellulären Lücken noch breiter; es finden sich
ihnen verklumpende Trümmer oder konfluierende Koagula.

ie Reaktion des Zellkerns ist unterschiedlich. v. Sallmann (156, 157) berich-
t, daß bereits eine Woche nach Bestrahlung die ersten zytochemischen Verän-
erungen an den Zellkernen der Epithelzellen nachweisbar sind, indem der Ge-
alt des Kerns an Desoxyribonukleinsäure herabgesetzt ist. Die ersten histologi-
hen Veränderungen konnten nach v. SALLMANN u. Mitarbeiter (161) an den
ellen nachgewiesen werden, die zur Zeit der Bestrahlung sich gerade in Tei-
ıng befanden. Sie konnten 20 Minuten nach der Bestrahlung mit 1500 r Röntt-
enstrahlen Chromatinbrücken an den Zellen, die in der Ana- und Telophase
aren, beobachten. Im allgemeinen wird nachfolgend Kernmaterial in das
ytoplasma ausgestoßen, und der Kern zerfällt danach in mehrere Fragmente.
päter findet man ihn überhaupt nicht mehr. Infolge der Karyorrhexie und

---

) v. SALLMANN u. Mitarbeiter (157) zählten die Mitosen in den Zellen der einzelnen Abschnitte des Linsenepithels. Während das gesamte Epithel einen Index (Verhältnis der Zahl der gerade in Teilung befindlichen Zellen auf 100 000 Zellen) von 18/100 000 aufwies, fand er in der germinativen Zone des Epithels den größten, 60/100 000.

-lysis ist ein hyperchromatisches Plasma mit einer Vielzahl stark anfärbbar Granula vorhanden, bis schließlich die ganze Zelle zugrunde geht, und ein Lücke, die für einige Zeit noch mit chromatinhaltigen Massen angefüllt ist, Epithel zurückbleibt.

Weniger geschädigte Zellkerne zeigen für einige Zeit keine Mitosen. v. SA MANN u. Mitarbeiter (161, 162) berichten, daß in diesen Zellen auch Feulg positives Material je nach Grad des Schadens vom Kern ausgestoßen wurde.

So geht fast immer der palisadenförmige Aufbau der germinativen Zone verl ren, indem noch die Kernreihe auseinandergerissen wird und die Mehrzahl d Zellen abflacht. Zum gleichen Zeitpunkt etwa sind Unregelmäßigkeiten im Kernbogen zu beobachten. Einige Kerne sind nach vorne, andere nach hinte aus der gewöhnlich regelmäßig verlaufenden Kernlinie getreten. Später wand diese entweder nach hinten unter die Kapsel oder dringen in die hintere, äuß Rindenschicht vor.

Nach den Veränderungen in der germinativen Zone treten unter dem gleiche Bild Degenerationszeichen im praeäquatorialen Bereich auf, die schließlich, nach Schwere der Schädigung, auch auf das unter dem vorderen Pol gelegene Linsenepithel übergreifen können.

Auch die hintere Kapsel zeigt Veränderungen nach der Bestrahlung. Die gesun hintere Kapsel ist durchscheinend, hyalin und nimmt kaum eine Farbe an. TR BONDEAU u. BELLEY (196) wiesen bereits darauf hin, daß sie bei ihren Versuc ein Dickerwerden der Vorderkapsel beobachteten. SCHLÆGEL (169) berichte daß er an Linsen, die von 7 Opfern der Atombombenangriffe auf Nagasaki stam ten, im Alter von 7 - 54 Jahren standen und zwischen dem 27. und 32. Tage nach der Explosion starben, eine nicht eindeutige Verdickung der Vorderkapsel wohl aber eine Dickenzunahme um wenigstens 200 % der hinteren Kapsel beob achtete. COGAN, DONALDSON u. REESE (34) berichten über eine fibrilläre Verdickung der hinteren Kapsel bis auf das 3 - 4-fache der normalen Dicke na Röntgen- und Radiumbestrahlung sowie infolge der Atombombenstrahlung. In einigen Fällen wurde ein nicht regelmäßiges Dickerwerden der Kapsel beobach sondern nur eine Dickenzunahme am hinteren Pol oder an verschiedenen Stelle der Kapsel gefunden. GRZEDZIELSKI (62) bemerkt neben der Schwellung eine Fältelung. LORENZ u. DUNN (111) fanden gelegentliche Kapselverdickungen nach der Bestrahlung neugeborener Mäuse.

Löst man die Kapsel von der übrigen Linsensubstanz ab, so bleiben an ihr die aus der Äquatorgegend eingewanderten Zellen, die die gleiche Färbbarkeit wie die Epithelzellen besitzen, hängen. Diese Zellen unterscheiden sich von den Epithelzellen des Keimepithels jedoch dadurch, daß sie Fortsätze ähnlich dene

r Fibrozyten besitzen und ihre Kerne von unterschiedlicher Größe und Ge-
alt sind. Nach GRZEDZIELSKI (62), KRÜCKMANN (97), BIEGEL (14), v.
ALLMANN (157), KANDORI (86) u. a. sind die Zellen zum Teil oval, blasen-
rmig gequollen (Wedl'sche Blasenzellen), sie liegen einzeln oder in Haufen
usammen und zeigen eine schwächere Anfärbbarkeit, wobei ein feingekörn-
r Inhalt in den Vordergrund tritt. Während die Kerne in manchen Zellen gar
cht zu finden sind (REESE (141) u. s.) können sie in anderen desgleichen ver-
ollen und verformt sein (KRÜCKMANN (97) findet z. B. spindelförmige).

weiter die Katarakt fortgeschritten ist, desto größer ist die Zahl dieser Zel-
n, die schließlich ein zusammenhängendes (manchmal mehrschichtiges)
etz bilden. Da es sich nicht selten gegen die unter ihm der Rinde zu gelege-
en Zelltrümmer durch eine besondere Zellschicht demarkiert, sprechen ver-
hiedene Autoren von einer Pseudoepithelschicht. Mit dem Fortschreiten der
atarakt wird die Immigrationszone immer breiter, findet sich auch vom Äqua-
r ausgehend unter der Vorderkapsel und dringt schließlich in die Rindenschicht
in. Kommt es zur Apposition gesunder Linsenfasern, was als Abheben Katarakt
on der hinteren Kapsel im optischen Schnitt bei der klinischen Untersuchung
mponiert, so verlagert sich diese Schicht in die Tiefe der Linse. Sofern bei
er klinischen Untersuchung nur ein partieller Star sichtbar ist, entspricht die
okalisation der Veränderungen der der klinischen. Je nach Grad der Schädi-
ung wird die Degeneration der Linsenfasern unterschiedlich beschrieben. Die
inzelne Linsenfaser quillt keulen- oder birnenförmig auf, wobei das subkapsu-
äre Ende oft besonders stark verdickt ist und vor allem im prae- und post-
quatorialen Bereich in einem stumpferen Winkel als normal in die Kapsel
nseriert. Andererseits sind auch ausgefranste, gespaltene oder zerklüftete Fa-
ern beschrieben worden. Verschiedentlich sind die Fasern von Vakuolen durch-
etzt, ihre Zellgrenzen können verwischen, Unregelmäßigkeit in der Anfärb-
arkeit der Kerne und der Zelleiber treten auf. Vakuolen, die teils rund, mal
phärisch, mandelförmig, andererseits vollkommen unregelmäßig sind, die
ft optisch leer erscheinen, aber auch mit homogenen oder krümeligen Massen
efüllt sein können, drängen die Fasern auseinander und konfluieren zum Teil.
s wechseln Bezirke mit noch intaktem Linsenmaterial ab mit anderen, die
us Eiweißkoagula, körnigem, massigem Detritus oder Liquefaktion bestehen.

Wie bei der Beschreibung der zum hinteren Pol eingewanderten Zellen finden
vir dieses zerfallene Gewebe auch zuerst vom Äquator ausgehend nur in einem
lünnen Streifen oder einigen kleineren Bezirken unter der hinteren und weniger
äufig unter der vorderen Kapsel. Am Äquator kommt es somit zuerst zur Stö-
ung des Faserbildungswirbels bis zur Unfähigkeit, neue Fasern oder wenigstens
abortive Formen zu bilden. Nach POPPE (137) sind die ersten Veränderungen
der Linsenfasern einen Monat nach der Bestrahlung zu beobachten.

Später dringen die Degenerationserscheinungen ins Linseninnere vor, wobei Linsenkern nicht in allen Fällen von der Degeneration erfaßt wird.

Im großen und ganzen zeigt aber das Studium der Faserdegeneration ausgesp chene Unregelmäßigkeiten und bietet ein hochgradig polymorphes Bild, das nur von Linse zu Linse wechselt, sondern nebeneinander in einem Präparat g funden werden kann.

Die Linsenveränderungen waren um so schwerer, je größer die verabfolgte D sis und je jünger [1] die Tiere waren; doch auch vor dem Sichtbarwerden klini scher Kataraktzeichen konnten bereits zytologische Veränderungen nachgewi sen werden COGAN u. Mitarbeiter (34), v. SALLMANN (156), KANDORI (86 OKUSAWA (129) u. a.). v. SALLMANN (157) konnte z. B. durch seine Versuc zeigen, daß die histologischen Veränderungen 2 - 4 Wochen vor dem ersten klinischen Zeichen nachweisbar sind.

Bei der Bestrahlung der Augen mit energiereicheren Strahlen als Röntgenstrah len zeigte es sich, daß die Schädigung in der gleichen Form abläuft. Nach RICHARDS u. Mitarbeiter (143), die annähernd 500 Mäuselinsen untersuchten, und nach COGAN, GOFF u. GRAVES (33) zeigt das histologische Bild der Ver änderungen bei equivalenten, biologischen Dosen bei einer Neutronenstrahlun im Vergleich zur Wirkung der Röntgenstrahlen keine qualitativen Unterschiede v. SALLMANN u. Mitarbeiter (161) fanden, daß die Schädigung des Zellkerns durch energiereichere Strahlen als die Röntgenstrahlen bei gleicher biologische Dosis größer war.

Die größere Wirkung der korpuskulären Strahlung erklärt sich aus der Tatsache, daß nach MARSHAK (119) u. a. die nukleare Strahlung die Zelle auch in der Ruhephase zu schädigen vermag und die Röntgenstrahlen ihre Wirkung besonder an den Zellen entfalten, die gerade in Teilung sind.

Für das im vorangegangenen Abschnitt geschilderte vorübergehende Vakuolen- stadium konnten COGAN u. Mitarbeiter (33) kein histologisches Substrat finden

---

1) Während im allgemeinen nach dem Bestrahlen erwachsener Tiere kaum Ver- änderungen des Linsenkerns beschrieben werden, sind sie in den Berichten über junge Tiere häufiger. LORENZ und DUNN (111) fanden z. B. 4 Monate nach der Bestrahlung von Mäusen 12 Stunden nach der Geburt mit 400 r ± 5 % Körperdosis (186 kV, 20 mA, 0, 25 mm Cu, 10, 6 mm Al, Fokusab- stand zur Mitte des Tierkörpers 50 cm) sehr oft steinharte, getrübte, äußerst azidophile Linsenkerne im Gegensatz zu den abnormal weichen, in ihrer Konsistenz fast flüssigen äußeren Linsenschichten. Bei einem Tier enthielt der Kern kleine Kalkeinlagerungen.

ı diese Vakuolen oft schon Stunden nach der Bestrahlung auftreten, können
ch noch keine Zellen vom Äquator in den Bereich der hinteren Naht einge-
ıdert sein. Sie diskutieren daher die Möglichkeit einer direkten Eiweißdena-
rierung, doch fanden sie keinen Grund, warum diese dann gerade immer im
reich der hinteren Nahtlinie auftritt.

eben der allgemeinen Destruktion sind auch proliferierende Vorgänge und
mit ein Versuch zur Restitution zu finden. Hierüber liegen Veröffentlichun-
n von TRIBONDEAU u. BELLEY (196), BUSACCA u. SIGHINOLFI (23),
RZEDZIELSKI (62), LEINFELDER u. KERR (103), KRÜCKMANN (97), v. SALL-
ANN u. Mitarbeiter (161, 162) u. a. vor.

JSACCA u. SIGHINOLFI (23) berichten z. B., daß die 2 - 15 Stunden nach
r Bestrahlung beobachtete Körnelung und Tropfenbildung im Zytoplasma
- 4 Tage später nicht mehr auffindbar war.

ach einer von der Qualität und der Dosis abhängenden mehr oder weniger lan-
n Depression der Zellaktivität nach der Bestrahlung fand man dann wieder
e normale Anzahl von Zellen in Teilung (POPPE (137) u. a.) oder es kam zu
ner Überschußreaktion, bei der nicht nur die Zahl der sich teilenden Zellen
stieg, sondern auch der Zellteilungsmodus Zeichen der Überstürzung aufwies
. SALLMANN (161, 162) u. a.).

mmer wieder wurden neben veränderten Fasern andere, bei denen die Tendenz
ı einer normalen Ausbildung zu erkennen war, oder auch ganz normale Fa-
rn gefunden. Dieses war z. B. der Fall, bei der auch klinisch beobachteten Ab-
rängung der Katarakt vom hinteren Pol durch neugebildete gesunde Fasern.
ach LEINFELDER u. Mitarbeiter (104, 105) ist die Linse in der Lage, sowohl
ach geringen Dosen als auch etwas größeren bei partieller Bestrahlung nach
er Ausbildung pathologisch veränderter Fasern wieder gesunde zu bilden.

us den geschilderten Untersuchungen ist somit zu ersehen, daß das Epithel
er Linse unter der Vorderkapsel der Teil dieses Organs ist, der als erster ge-
chädigt wird (abgesehen von der diskutierten direkten Wirkung der korpusku-
iren Strahlen auf das Eiweiß der Faser) und die später eintretenden Veränderun-
en eine Folge der Schädigung der Epithelzelle sind.

ıwieweit die geschilderten histologischen Veränderungen als typische Strah-
enschäden anzusprechen sind, ist noch nicht entschieden. Während z. B. COGAN
. Mitarbeiter (34, 35) darauf hinwiesen, daß Unterschiede im histologischen
ild zwischen dem Alters- und dem Strahlenstar bestehen, zeigten v. SALLMANN
. Mitarbeiter (161) in einem speziell zur Untersuchung dieser Frage angelegten
ersuch, daß bei Ratten beim histologischen Vergleich der Linsen a) bestrahl-

ter und b) alter Tiere in beiden Versuchsgruppen 1. akzessorische Linsen-
epithelkerne, 2. Ausstoßung chromatinhaltigen Materials aus den Zellkern
und 3. exzessive vakuoläre Degeneration des Zytoplasma der Epithelzelle
gefunden wurden.

3) Zur Frage der geringsten Schädigungsdosis der Linse

Genau genommen ist diese Frage bis heute noch nicht zu beantworten. Den
soll unter Bezugnahme auf die vorliegende Literatur versucht werden, jene
zu bestimmen, die einen Star im üblichen Sinne auslöst und ferner die Ang
berücksichtigt werden, die sich mit Linsenveränderungen unterhalb dieser D
befassen. Der Begriff der Katarakt ist ein Ausdruck, der für Linsentrübungen
verwandt wird, die bei einer Untersuchung des Patienten mit den üblichen H
mitteln durch die bekannten Untersuchungsmethoden in der Klinik objektiv
festgestellt werden können. Es ist aber bekannt, daß bereits vor dem klinisc
zu erhebenden Befund eines Stars Veränderungen in der Linse durch mikrosko
sche, chemische und andere Untersuchungsmethoden nachweisbar sind, die
pathologische Veränderungen der Linse darstellen. Inwieweit der Begriff der
Katarakt für die auf diese Weise aufgefundenen Veränderungen der Linsenstru
tur anwendbar ist, hängt von der Auffassung des einzelnen ab. Fest steht jed
daß sie bis auf geringe Ausnahmen Vorstufen jener Linsenveränderung sind, d
immer schon vom Kliniker als Katarakt bzw. Star angesprochen wurden.

Wie wir später sehen werden, gibt es auch Reaktionen der Linse, die einen
vorübergehenden Schaden, eine aus dem Gleichgewicht geratene Funktion od
eine zeitliche Zellschädigung darstellen. Nach einiger Zeit gelingt es dann
dem Organ wieder, eine Restitutio ad integrum herbeizuführen. Im allgemei
nen werden solche vorübergehenden Gewebsäußerungen nur dann als Schaden
aufgefaßt, wenn damit ein Funktionsausfall des betreffenden Organs bedingt
ist. Dieser tritt bei der Linse bei Dosen, die keinen irreparablen Schaden he
beiführen, kaum ein; doch gibt es Zustandsformen der Linse, bei denen sich
recht eindeutig Zeichen eines Stars nachweisen lassen, die zu einem späteren
Zeitpunkt allerdings weniger oder gar nicht mehr auffindbar sind. Man hat in
diesen Fällen auch von einer Katarakt gesprochen. ROHRSCHNEIDER (150) ka
auf Grund seiner experimentellen Versuche an Kaninchen zu dem Schluß, daß
die Radiosensibilität der Kaninchenlinse gleich der der Haarpapille ist. Alle
von ihm einer Röntgenbestrahlung ausgesetzten Tiere wiesen nach der Latenz-
zeit eine Katarakt auf, sofern sich nach der Bestrahlung eine Epilation einge-
stellt hatte. Selbst bei einer Beobachtungszeit bis zu 210 Tagen nach der Be-
strahlung mit 30 - 67 % der Epilationsdosis des Kaninchens trat keine Trübung
oder histologische Veränderung der Linse der bestrahlten Tiere ein.

GGELET (49), PETER (133) und VOGT (201) gelang es auch bei erwachsenen
aninchen, einen Star durch Röntgenstrahlen zu erzeugen; jedoch gelang ihnen
es mit geringeren Dosen. Während 100 % der Epilationsdosis des Kaninchens
ch ROHRSCHNEIDER (149) je nach Härte der Strahlung 890 oder 980 r =
30 bzw. 170 % HED des Menschen entsprachen, gaben PETER u. VOGT (133,
01) als geringste Dosis 1 HED = 550 r an (der Star begann in diesem Fall
35 Tage nach der Bestrahlung sichtbar zu werden). Und ERGGELET (49) teil-
mit, daß es ihm gelungen sei, mit einer erheblich niedrigeren Spannung
s bei den Versuchen von ROHRSCHNEIDER, nämlich 35 kV an Stelle von
38 kV, ohne Filterung mit 600 r Linsentrübungen zu erzeugen. Bei KANDORI (86)
g die geringste, eine histologisch nachweisbare Veränderung der Linse auslö-
nde Dosis bei 900 r, die Epilationsdosis aber bei 1000 r. In Übereinstimmung
erzu sagte KLEIBER (90), der 1930 über geglückte Bestrahlungsversuche an
eerschweinchen berichten konnte, daß bei den mit 250 r und mehr bestrahlten
ieren sich ein Star zeigte, doch keine Epilationserscheinungen vorangegangen
aren. Aus den klinischen Berichten von MASUDA (115) und SINSKEY (177)
ber die kataraktogene Wirkung der Atombombenstrahlung wissen wir, daß des-
leichen der größte Prozentsatz der Betroffenen, die das Symptom der Epilation
ufwiesen, später einen Star bekamen, sofern sie nicht inzwischen verstarben.
arüber hinaus zeigte aber MASUDA (115), daß 19, 5 % der Untersuchten auch
linische Zeichen einer Katarakt aufwiesen, ohne vorher irgendein Atomsymptom,
ozu auch der Haarausfall gerechnet wird, gehabt zu haben.

us den angeführten klinischen wie experimentellen Beispielen ist zu ersehen,
aß die Epilationsdosis höher liegt als der Schwellenwert für eine klinisch nach-
eisbare Katarakt, die Linse somit eine größere Radiosensibilität besitzt als
ie Haarpapille.

OGAN u. Mitarbeiter (33) haben 1953 versucht, den Schwellenwert der ka-
araktauslösenden Dosis durch Röntgenstrahlen beim Kaninchen zu bestimmen
nd arbeiteten in einem Dosisbereich von 75 - 250 r (1, 2 meV).

amit der Untersucher bei dem Absuchen der Linse nach Veränderungen nicht
iner Täuschung anheimfallen konnte, wurde ein Blindversuch mit 7 Kontroll-
ieren eingeschaltet. Ihre Versuche ergaben folgendes Ergebnis bei einer Beob-
chtungszeit von 18 Monaten:

TABELLE XV

	Dosis r (1, 2 meV)	Zahl der Augen	definitiv positive Befunde	Grenz-Befunde	negative Befunde
1)	250	5	2	3	0
2)	150	24	8	14	2
3)	75	13	2	7	4
4)	Kontrollen	7	0	3	4

Die Trübungen in der Gruppe 1 schritten in den ersten Monaten fort und verblieben dann stationär, die der Gruppe 2 blieben nach der Entwicklung etwa zur Hälfte stationär, die übrigen gingen zurück, [1] teilweise sogar so weit, daß kein Zeichen der Katarakt zurückblieb. Die Zahl der Trübungen in Gruppe 3 war nicht eindeutig, so daß sie nicht beurteilt werden konnten.

CHRISTENBERRY u. FURTH (26) konnten darüber hinaus durch die Bestrahlung von Mäusen mit einer Körperdosis von 32 r (250 kvp 2, 5 mA, 3, 5 mm Cu-Filterung) Linsenveränderungen insofern nachweisen, als durch die Bestrahlung der Prozentsatz der bei Mäusen häufig gefundenen Veränderungen der Linse besonders um die hintere Nahtlinie nach 6 - 8 Monaten leicht anstieg, womit der Schwellenwert der Linsenschädigung unter der Dosis lag, die bei den Tieren eine Leukopenie hervorrief.

Die geringste Neutronenstrahlendosis, die COGAN u. Mitarbeiter (32) verwandt und mit der sie Linsenveränderungen hervorrufen konnten, betrug $1 \times 10^7/cm^2$ (erzeugt durch den Fast Reactor, bei dem die Neutronenenergie aus einem modifizierten Spaltungsspektrum mit einer Maximalintensität von 300 keV besteht).

In ihren Versuchen wurden Gruppen von 2 - 3 Kaninchen, insgesamt 30, einer Strahlung von 1×10^7 bis 4×10^9 Neutronen/cm^2 ausgesetzt. Alle Gruppen zeigten signifikante granuläre Veränderungen im Bereich der hinteren horizontalen Nahtlinie, doch war eine gewisse Abhängigkeit der Veränderungen von der Dosis zu beobachten.

In der Gruppe mit der geringsten Dosis zeigten 2 von 3 Tieren die oben angegebenen Veränderungen. Bei den Gruppen, die einer geringeren Strahlung als 1×10^9 ausgesetzt waren, blieben die Veränderungen bei einer Beobachtungs-

1) Auch LEINFELDER u. Mitarbeiter (5, 104, 105, 142) beobachteten den Rückgang von Linsentrübungen im Tierexperiment bei partiellen Staren.

it von 20 Monaten nach ihrem Erscheinen stationär und zeigten keine indivi-
elle Variation über das normale Maß hinaus.

s den angeführten Beispielen ist einmal ersichtlich, daß man wie bei den
nischen Beobachtungen im Laufe der Jahre bei immer geringeren Dosen
ahlenmanifestationen an der Linse beobachten konnte und es vielleicht kei-
untere Grenze, einen Schwellenwert für den Linsenschaden gibt. Je geringer
e Dosis ist, desto geringfügiger sind die Veränderungen, bis sie schließlich
i Einzelfall kaum noch von den normalen Variationen unterschieden werden
nnen.

er die Wirkung der Radiumstrahlen auf die Linse sind wenig Versuche durch-
führt worden. Bei PETER (133) betrug die geringste eine Radiumkatarakt aus-
ende Dosis 144 mgh; die Latenzzeit betrug in diesem Fall 5 1/3 Monate.
ANS (nach COGAN (29))gibt die Schwellendosis für die Radiumkatarakt um
00 Gamma r an. Seiner Meinung nach ist aber anzunehmen, daß durch Ku-
ulation geringer Dosen der Effekt größer ist als bei den Röntgenstrahlen.

Die Abhängigkeit der Linsenveränderungen von der Dosis

mer wieder wurde bereits darauf hingewiesen, daß eine Abhängigkeit der
nsenveränderungen von der Dosis besteht, mit steigender Dosis der Linsen-
naden schneller manifest wird und bei höheren Dosen auch stärker progressiv

der Klinik ist das Zeichen der Schädigung die Katarakt; im Experiment ste-
n andere Methoden zur Verfügung, mit deren Hilfe bereits vor Eintritt des
ars pathologische Veränderungen in der Linse nachweisbar sind.

ne bis zu den Veröffentlichungen von ROHRSCHNEIDER (148, 149, 150) ver-
nnte Tatsache stellt die Latenzzeit dar. Obgleich bei allen an Menschen be-
achteten Strahlenschäden der Linse meist 3 - 5 Jahre von der Bestrahlung bis
den subjektiven Beschwerden und den klinisch zu objektivierenden Verände-
ngen vergingen, zog man übertragend auf den Tierversuch meistens keine
hlüsse daraus. [1] Dieses ist mit ein Grund, warum den vielen zuvor durchge-

---

FISCHOEDER (54) wies ausdrücklich 1920 bei der Beschreibung von Schädigun-
gen des vorderen Augenabschnittes durch Röntgenstrahlen darauf hin, daß zum
Beobachtungszeitpunkt noch keine Linsenveränderungen zu erwarten seien.
Auch TRIBONDEAU u. BELLEY (196)war 1907 die Tatsache bekannt, daß die
Strahlenwirkung nicht eine Sofortreaktion der Linse auslöst, denn sie stellten
fest, daß die Geschwindigkeit und der Grad der Kataraktentwicklung propor-
tional der Bestrahlungsdosis waren.

führten Versuchen, eine Linsentrübung experimentell zu erzeugen, kein Erfo beschieden war; die Beobachtungszeit der Tiere war nach der Bestrahlung in meisten Fällen zu kurz.

ROHRSCHNEIDER (149) konnte 1929 bei 12 erwachsenen Kaninchen eine Kat durch Röntgenstrahlen hervorrufen. Dabei stellte er fest, daß die Zeit von de Bestrahlung bis zum Sichtbarwerden der Trübung - die Latenzzeit - nicht in len Fällen gleich und ziemlich lang war. Sie betrug bei den verschiedenen T ren u. a. 93, 111, 113, 115, 148, 153, 181, 193 Tage. Wenn es ihm auch i seiner Arbeit hauptsächlich um die Fragestellung ging, die Dosis zu finden, c mit Sicherheit zu einer Linsentrübung führt, so kann man doch bereits in gew sen Grenzen seiner Veröffentlichung entnehmen, daß eine Beziehung zwische der Latenzzeit und der Dosis besteht. Auch bei AULAMO (9), PETER (133), LEINFELDER u. KERR (103) u. a. findet man diesen Anhalt.

Sehr aufschlußreiche Untersuchungen über die Abhängigkeit der Latenzzeit vo der Dosis wurden u. a. von KANDORI (86), COGAN u. DONALDSON (31), v. SALLMANN u. Mitarbeiter (161), EHLING u. KROKOWSKI (45) durchgeführt.

KANDORI (86) vergleicht dabei gleichzeitig die klinischen und histologischen Befunde. Klinisch wurde die Katarakt bei den Versuchstieren als gold-gelber Reflex im Bereich des hinteren Pols wie folgt sichtbar, wenn man jeweils das Tier aus seiner Aufstellung auswählt, das bei einer Dosisgruppe zuerst die Veränderungen zeigte:

Dosis	Latenzzeit
1000 r	224 Tage
1300 r	198 "
1500 r	167 "
1700 r	122 "
2000 r	71 "

(Es handelt sich um Kaninchen im Alter von 3 - 4 Monaten. Die Bestrahlungsdaten sind: 80 kV, 2, 0 Al-Filter, 12 cm Fokus Hautabstand bei Einzelbestrahlungen).

Histologisch fanden sich keine Linsenveränderungen bei Tieren, die mit 800 r bestrahlt wurden bei einer Beobachtungszeit bis zu 313 Tagen. In der Gruppe der Tiere, die mit 900 r bestrahlt wurden, fand er nach 160 Tagen keine, während bei Dosen von 1300 oder 1500 r die histologischen Veränderungen klar nach 60 bzw. 40 Tagen erkennbar waren.

COGAN u. DONALDSON (31) berichten 1951 über ähnliche Ergebnisse. 10 Woch alte Kaninchen wurden bei 1200 kV einer Dosis von 250 bis 3000 r ausgesetzt. Bei einer Bestrahlung mit 250 bis 1000 r betrug die Latenzzeit 100 bis 150 Tage, bei 1500 bis 3000 r 25 bis 30 Tage.

LING u. KROKOWSKI (45) zeigen in nachfolgender Darstellung recht anschau-
n das Verhältnis der Abhängigkeit der beginnenden Katarakt (Nahttrübung)
der Dosis. Sie teilen die Kurve in drei Bereiche ein:

1. Bei 250 rad[1)] etwa lag bei ihren Versuchen der Schwellenwert des Stars.
2. Im Bereich bis zu 740 rad sinkt die Kurve in Abhängigkeit von der Dosis sehr schnell.
3. Bei Dosen über 2500 rad trat kaum ein Unterschied in der Latenzzeit auf.

ch andere Autoren berichten, daß bei größeren Dosen keine Unterschiede in Latenzzeit und den histologischen Veränderungen zu finden waren. EHLING KROKOWSKI (45) sehen in dieser Tatsache eine "biologische Latenzzeit" und inen damit, daß vom Zeitpunkt der Schädigung bis zur Ausbildung eines nach-isbaren Schadens in jedem Fall eine Minimalzeit notwendig ist, die, wenn in einem Dosisbereich erreicht ist, nicht durch noch höhere Dosen herabge-zt werden kann.

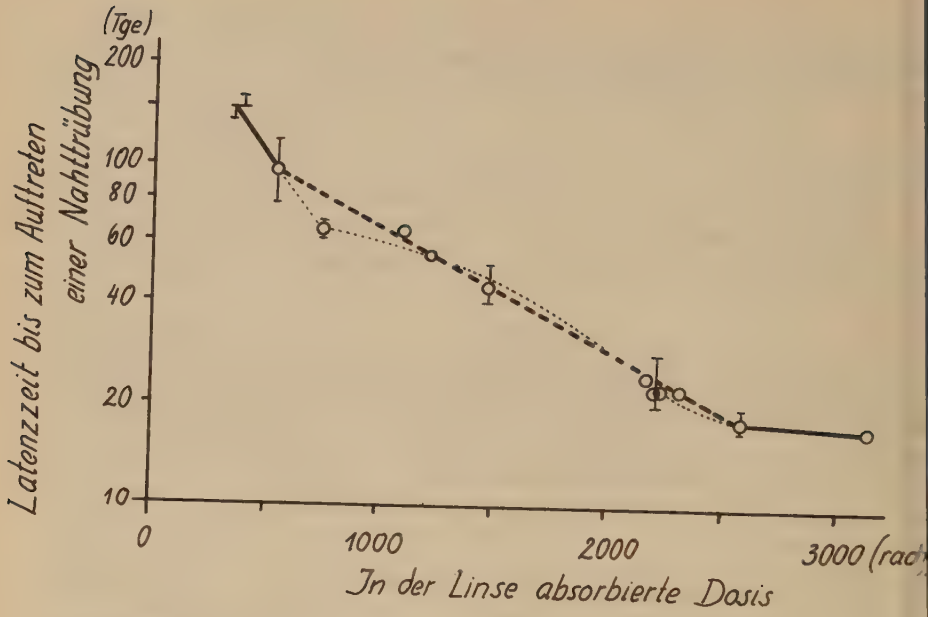
GAN u. DONALDSON (31) nahmen in Übereinstimmung hierzu auch für die n ihnen beobachteten reversiblen Vakuolen im Nahtbereich eine direkte Fa-schädigung an, da bis zum Auftreten dieser keine pathologisch veränderten llen aus der Äquatorialgegend in den Nahtbereich vorgedrungen waren.

SALLMANN (161, 162) u. a. vertreten die Auffassung einer Maximalschädi-ng, die, wenn sie einmal erreicht ist, nicht durch größere Dosen übertroffen rden kann.

---

rad ist die Absorptionsdosis für die Linsenmitte, die auf Grund besonderer Meßmethoden der Verfasser mit einem Leuchtstoffdosimeter aus der Ein-fallsdosis bestimmt wurde. Es entsprechen z. B. beim Kaninchen nach EHLING u. KROKOWSKI (45):

Einfallsdosis	200 r =	185 rad
"	400 r =	370 rad
"	600 r =	555 rad
"	800 r =	740 rad
"	2400 r =	2220 rad



Daß auch die Progredienz der Katarakt nach den ersten sichtbaren Zeichen Proportionalität zur Dosis zeigt, ist insbesondere der Arbeit von BIEGEL (14) zu entnehmen. In seinen Versuchen wurden Kaninchen der Strahlung des 20.000. C Volt Betatrons der Universität Illinois ausgesetzt. Bei einer Bestrahlung mit 1800 r fanden sich die ersten Veränderungen zumeist zwei Monate nach der Be strahlung und die Katarakt wurde in 10 Monaten matur. Bei unter gleichen Be-- dingungen bestrahlten Tieren wurde der Star bei einer Dosis von 2700 r im 4. u bei 3600 r im 3. Monat reif.

EHLING u. KROKOWSKI (45) berichten in ihren Versuchsergebnissen, daß bei Dosen bis zu 1000 rad nur Nahttrübungen und keine Rindentrübungen beobachtet wurden, und bei Dosen unter 2000 rad in keinem Fall ein Totalstar, sondern nur hintere Kortikaltrübungen und streifenförmige Veränderungen unter der vor-- deren Kapsel bei von jeder Veränderung frei gebliebenem Linsenkern eintraten. Analoge Ergebnisse weisen die Untersuchungen von COGAN u. DONALDSON (3) u. a. in Bezug auf die Neutronenstrahlung auf, so daß nicht mehr darauf einge- gangen zu werden braucht.

Bei der Besprechung der histologischen Veränderungen der Linse nach Bestrahlung wurde bereits gesagt, daß das Ausmaß der Zellschädigung in Relation zur verab- folgten Dosis steht. Der Zellschaden des Linsenepithels und die daraus resultiere- den Veränderungen der Fasern sind um so größer, je größer die Dosis ist.

SALLMANN u. Mitarbeiter (161) fanden als Zeichen einer qualitativ größeren
llschädigung nach der Bestrahlung mit dicht ionisierten kurpuskulären Strahlen
ltipolare Formen der Zellteilungsfiguren und eine stärkere Vakuolisierung
Zytoplasmas.

GEL (14) berichtet, daß bei höheren Dosen (1800 - 4500 r) bei fortgeschritte-
n Star die Rindenstruktur teilweise und der Kern ganz aus rosa anfärbbarem,
horphem Material bestanden, das Epithel vakuoläre Veränderungen aufwies
d in einigen Fällen eine so große Abflachung aufwies, daß es als Membran
gesprochen werden konnte, in der die Kerne als Verdickungen imponierten.

Bezug auf die quantitative Schädigung des Epithels berichten v. SALLMANN
Mitarbeiter (161), daß der Schädigungsindex der Kerne progressiv mit der
sis bis zu 1000 r anstieg; bei höheren Dosen aber bestand kein Unterschied im
liobiologischen Effekt. Noch deutlicher kommt aber die unterschiedliche Wir-
ng der Dosis bei Verfolgung der Schädigungsrate der Linsenepithelzellen über
ne bestimmte Zeit zum Ausdruck. v. SALLMANN u. Mitarbeiter (161) fan-
n:

1. Einen Abfall der Zahl der Mitosen nach der Bestrahlung; je größer die Dosis war, desto größer war der Abfall, der schon wenige Minuten nach der Bestrahlung nachweisbar wurde. Bei Dosen über 500 r wurden keine Zellteilungsvorgänge einige Zeit nach der Bestrahlung mehr beobachtet.

2. Nach einer von der Dosis abhängenden Zeit stieg die Zahl der Mitosen wieder an. Bei einer Dosis von 125 r begann nach einem Abfall um 78 %, bei einer Dosis von 250 r nach einem Abfall um 82 % nach 24 Stunden ein Anstieg der Mitosenzahl. Bei einer Dosis von 500 r wurden zwei Tage, bei 1000 r vier Tage und bei 2000 r sechs Tage nach der Bestrahlung wieder Mitosen gezählt.

3. Zu einem von der Dosis abhängenden Zeitpunkt wies das Linsenepithel des bestrahlten Auges die gleiche Zahl an Mitosen wieder auf wie das des nicht bestrahlten.

4. Es kam darauf zu einer Überschußreaktion, die desgleichen dosisabhängig war in Bezug auf ihr Ausmaß und ihre Dauer. Für die Dosen von 125 und 250 r war das Maximum der Überkompensation am 10. Tage, für die von 500, 1000 und 2000 r am 14. Tage nach der Bestrahlung und betrug für 500 r über 100 % und für 2000 r um 150 %.

e aufgeführten Daten wurden am Kaninchen beobachtet. v. Sallmann (162)
nnte darüber hinaus zeigen, daß der Effekt bei verschiedenen Tierarten der-

selbe ist, doch ein Unterschied in Bezug auf das Ausmaß besteht. So zeigten Hunde und Katzen nach einer besonders großen Zellschädigung auch ein extremes Überschußphänomen der Mitosen im Vergleich zu dem bei Mäusen, Ratten, Kaninchen und Affen. Die Spitze der größten Mitosenzahl war aber bei allen Tieren zum gleichen Zeitpunkt, etwa 2 Wochen nach der Bestrahlung zu beobachten, wie auch der Abfall innerhalb einer 16 Wochenperiode bei allen Tieren etwa zur Norm zurückging.

Bisher wurde nur über die Ergebnisse der einzeitigen Bestrahlung berichtet. In der Klinik hat man aber schon seit Beginn der Strahlentherapie versucht, durch mehrzeitige Verabfolgung kleiner Dosen bei gleicher Gesamtdosis zur Vermeidung starker lokaler Reaktionen und der großen Belastung des Patienten wegen den gleichen Effekt zu erlangen wie bei der Bestrahlung in einmaliger Sitzung. Es soll hier an dieser Stelle auf Versuche eingegangen werden, die das Problem der Verabfolgung kleinerer Dosen mehrmals hintereinander nach einem kürzeren oder längeren Intervall behandeln.

Da ROHRSCHNEIDER (151) alle Dosen unter der Epilationsdosis als nicht schädlich für die Linse ansah, bestrahlte er Kaninchen mehrfach mit Dosen, die unterhalb der Epilationsdosis lagen. Dabei zeigte sich, daß nach Überschreiten der Dosis, die bei der Einzelbestrahlung eine Epilation hervorgerufen hätte, trotz der Fraktionierung ebenfalls stets ein Linsenschaden gesetzt wurde, während die Haarpapille erst angegriffen wurde, wenn bei der fraktionierten Bestrahlung das zweifache der Epilationsdosis überschritten wurde. Aus diesem Grunde nahm er für die Linse eine Kumulation zeitlich verteilter Strahlendosen an. In weiteren Versuchen fanden PETER (133), GASTEIGER u. GRAUNER (60), ROHRSCHNEIDER u. GLAUNER (153), daß, obgleich es beim Überschreiten der von ihnen festgestellten geringsten Schädigungsdosis zur Ausbildung einer Katarakt kam, bei der fraktionierten Bestrahlung die Latenzzeit länger, der Grad der Katarakt geringer und die Fälle einer stationären Katarakt häufiger waren.

v. SALLMANN (157) hat Kaninchen einer einmaligen Bestrahlung von 2000 r und einer fraktionierten mit der gleichen Gesamtdosis ausgesetzt. Dabei zeigte sich, daß bei der Aufteilung der Gesamtdosis die Ergebnisse je nach Variation der Zeit zwischen den Bestrahlungen unterschiedlich ausfielen. Bei der Bestrahlung von 2 x 1000 r mit einem Intervall von einer Woche war das Auftreten der ersten Kataraktzeichen um 9 Wochen, bei der Verabfolgung der gleichen Dosis mit einem Intervall von 3 Wochen um 12 Wochen verzögert, wie auch das Fortschreiten der Trübung gegenüber der durch die einmalige Bestrahlung mit 2000 hervorgerufenen deutlich langsamer war. Jedoch führten bei genügend langer Beobachtungszeit sowohl die einzeitige wie die mehrzeitige Bestrahlung zum gleichen Effekt, nämlich dem Totalstar.

ANDORI (86) bestrahlte 24 drei Monate alte Kaninchen mit verschieden oßen Dosen mehrmals, wobei er auch noch die zeitliche Folge der Einzel-strahlungen variierte. Es ging ihm in diesem Versuch darum, die Schwellen-osis für die Katarakt nach mehrzeitiger Bestrahlung zu finden. Die Tiere der sten Gruppe wurden zweimal in einer Woche, die der zweiten einmal in ner Woche und die der dritten täglich bestrahlt. Er fand (es wurden aus seiner ufstellung nur einzelne Beispiele herangezogen):

TABELLE XVI

	Dosis	Gesamt-Dosis	Eintritt der Linsenveränderung nach Tagen	
			gold-gelber Kapselreflex	tufsteinartige Trübung
ruppe I	10 x 150 r	1500 r	nach 283 Tg.	kein path. Befund
Bestrahl.	10 x 250 r	2500 r	199	248
öchentlich	10 x 350 r	3500 r	127	155
ruppe II	5 x 300 r	1500 r	215	239
Bestrahl.	5 x 400 r	2000 r	150	179
öchentlich	5 x 500 r	2500 r	132	167
ruppe III	185 x 15 r	1775 r	nach 314 Tg.	kein path. Befund
igliche	130 x 60 r	7800 r	nach 261 Tg.	kein path. Befund
estrahl.	80 x 100 r	8000 r	175	200

n Gruppe I wurden histologische Veränderungen der Linse bei einer Dosis von 0 x 250 r nach 60 Tagen, in Gruppe II bei 5 x 400 r und 5 x 500 r jeweils des-leichen nach 60 Tagen gefunden, doch waren die nach der Dosierung mit x 500 r am ausgeprägtesten. Bei der Bestrahlung mit 130 x 60 r konnten auch istologische Veränderungen nach 261 Tagen nachgewiesen werden.

ergleicht man die Resultate dieses Autors der auf Seite 80 aufgeführten Bei-piele mit dem obigen, so zeigt sich, daß die Latenzzeit durch die fraktionier-e Bestrahlung wie bei den Versuchen anderer Autoren verlängert ist, z.B.:

einzeitige Bestrahlung:		fraktionierte Bestrahlung:	
	1500 r	10 x 150 r	
Latenz:	167 Tg.	kein path. Befund	(Gruppe I)
	2000 r	5 x 400 r	
Latenz:	71 Tg.	150 Tg.	(Gruppe II)

Wie KANDORI (86) so unterwarfen auch EVANS (51) und LORENZ, HESTON, ESCHENBRENNER u. DERINGER (110) u. a. Tiere einer täglichen Bestrahlung über lange Zeit. EVANS (51) beobachtete an Mäusen bei einer täglichen Bestrahlung mit 1, 4 N Körperdosis schneller Neutronen bei allen überlebenden Tieren nach 150 - 250 Tagen eine Katarakt. Die Mäuse, die täglich mit Rö genstrahlen in Höhe von 11 r Körperdosis bestrahlt wurden, bekamen desglei chen zu einem etwas späteren Zeitpunkt Linsentrübungen. Im Gegensatz zu EVANS (51) konnten LORENZ u. Mitarbeiter (110) bei fortlaufender täglicher Bestrahlung des ganzen Körpers über die ganze Lebenszeit bei Mäusen, Kani chen und Meerschweinchen keine Augenschäden beobachten, obgleich die Ge samtdosis für Mäuse und Meerschweinchen bis zu 6000 r und für Kaninchen bi 12 000 r betrug und die Bestrahlung im 3. bis 5. Monat nach der Geburt bego nen wurde.

Ob nun die letztgenannten Versuche einer kritischen Überprüfung standhalten, soll unberücksichtigt bleiben. Aus dem Abschnitt über die geringste Schädigu dosis der Linse ist aber bekannt, daß bereits äußerst geringe Dosen Veränderun gen der Linse hervorgerufen und es nur der geeigneten Untersuchungsmethoden bedarf, diese aufzudecken.

Zusammenfassend geht aus diesem Abschnitt hervor, daß, wie es immer auch am Menschen beobachtet wurde, im Tierversuch

1. die Wirkung der Strahlen auf die Linse Proportionalität zur Dosis aufweist, und
2. bei fraktionierter Bestrahlung der Linsenschaden zu einem späteren Zeitpunkt beim Vergleich einer Einzeldosis mit einer entsprechenden Gesamtdosis nach fraktionierter Bestrahlung klinisch manifest wird, die Veränderungen weniger rasch fortschreiten und der Schaden nicht so groß ist.
   Im allgemeinen wird diese Tatsache auf eine Teilreparation des Schadens im Bestrahlungsintervall zurückgeführt (ROHRSCHNEIDER (151, 153), HAM (68), v. SALLMANN (157), EVANS (51), KANDORI (86) u. a.).

Vergleich der Strahlen verschiedener Qualität

den meisten Arbeiten wurden Strahlen verschiedener Qualität (ganz abgese-
n von der Tierart und dem Alter der Tiere) verwandt, so daß Vergleiche zwi-
nen den Ergebnissen einzelner Autoren kaum möglich sind. Da nur sehr weni-
Veröffentlichungen zu dem Problem der Filterung Stellung nehmen, soll
r nicht darauf eingegangen werden.

eressanter und vielleicht auch wichtiger ist es dagegen, kurz die gefundenen
terschiede aufzuzeigen, die zwischen der Wirkung der Röntgenstrahlen und
r der korpuskulären Strahlen gefunden wurden.

e Neutronen wurden 1932 entdeckt und seit 1938 in der Medizin zur Krebs-
handlung verwandt. Intensive Bemühungen wurden gemacht, um die Wirkung
r Strahlen im allgemeinen und auf das Gewebe kennenzulernen. Umfangrei-
e Untersuchungen vieler Autoren (zusammenfassende Arbeiten erschienen von
'ANS (51), STONE (183, 184), KRAUSE u. BOND (95) u. a.) konnten die Wir-
ng dieser Strahlen auf das Gewebe bis zu einem gewissen Grad aufdecken. Da
er die Dosismessung der Röntgenstrahlen in "r" erfolgte und die der Neutronen
"n", ergab sich zwingend das Problem, eine Vergleichsbasis beider Strahlen-
ten zu finden. Dies war um so notwendiger, als bekannt wurde, daß, obgleich
i der Messung der Ionisation für 1 r = 1 n gesetzt wurde, der biologische Effekt
r Neutronen größer als der der Röntgenstrahlen war und beide Strahlenarten
ch in ihrer Wirkung auf verschiedene Gewebe voneinander unterschieden
PEAR (178), MARSHAK (114), STONE (183), EVANS (52) u. a.).

BERSOLD u. ANSLOW (3) bestimmten experimentell die Absorption des Gewe-
s. Sie kamen zu dem Schluß, daß die absorbierte Energie etwa gleich ist bei
ner Bestrahlung mit 1 n oder 2, 5 r. Spätere Versuche von HAM (68), FAILLA
3), ROSSI (155) u. a. haben gezeigt, daß der Effekt beim Vergleich der Neu-
onenstrahlung mit der Röntgenstrahlung näher durch den Faktor 2 bestimmt
ird, also 1 n = 2 r ist. Nach STONE (183) schlug PARKER vor, den Ausdruck
p für Gewebsdosen zu benutzen, die nicht in r gemessen werden können. Die-
r Begriff fand darauf auch Eingang in die Medizin und wurde besonders dann
s Dosisangabe benutzt, wenn Vergleiche zwischen der Wirkung der Röntgen-
rahlen und der korpuskulären Strahlen gezogen wurden.

och auch wie bei den Röntgenstrahlen sind die Ergebnisse der einzelnen Ver-
ffentlichungen im Vergleich sehr schwer zu beurteilen, da nicht nur verschie-
ene Bestrahlungsquellen mit unterschiedlichen Strahlenqualitäten benutzt, son-
ern auch mit der Zeit andere Dosimetrierungsmethoden ausgearbeitet wurden.

. SALLMANN u. Mitarbeiter (161) fanden, daß die Latenzzeit bei der Bestrah-
ng der ganzen Linse oder der Äquatorialgegend beim Vergleich der Röntgen-

strahlen mit energiereicheren korpuskulären Strahlen herabgesetzt wurde:

	Dosis in rep	Latenzzeit
Alpha-Bestrahlung	1000	4 - 12 Wochen
Deuteronen-Bestrahlung	1000	3 - 10 "
Röntgen-Bestrahlung	1000	21 "

Beim Vergleich dieser Strahlen konnten sie ferner feststellen, daß Unterschie bestanden:

1. in der Zahl der geschädigten Zellen des Linsenepithels,
2. in der Zahl der Mitosen des Linsenepithels,
3. in der Zahl der aus der Ordnung des Kernbogens tretenden Zellen,
4. in der Zeit der Depressionsphase der Zellteilung und der Größe und Dauer der Überschußreaktion nach der Depression des Linsenepithels.

Bei der statistischen Auswertung dieser erhobenen Befunde durch SILSON (176) fand sich allerdings keine allgemeine Signifikanz. Lediglich die Zahl der geschädigten Zellen des Linsenepithels stieg nach Bestrahlung mit korpuskulären Strahlen im Vergleich zu der nach Röntgenbestrahlung eindeutig an, während für die angeführten Punkte 2 bis 4 das Material nur an einzelnen Tagen statistisch gesicherte Resultate lieferte. Die RBE (relative biological effectiveness) betrug bei dem Vergleich

$$\frac{\text{rep der Röntgenstrahlen, 210 kV}}{\text{rep der Alpha-Partikel (oder Deuteronen)}}$$

im Falle der geschädigten Zellen im Durchschnitt 4, 1 für die Alpha-Partikel und für die Deuteronen 3, 9. Beim Vergleich der Alpha-Strahlenwirkung zum Effekt der Deuteronen ergab sich kein Unterschied.

EVANS (52) zeigte, daß bei der täglichen Bestrahlung von Mäusen über einen Zeitraum bis zu 150 - 250 Tagen mit einer Tagesdosis an schnellen Neutronen von 1, 4 N der Effekt an verschiedenen Körperorganen der einer täglichen Dosis von 12 - 13 r Röntgenstrahlen entsprach. Eine Ausnahme stellten jedoch die Gonaden und die Linse dar. Beim Vergleich der Linsen der täglich mit 11 r und der mit 1, 4 N bestrahlten Tiere waren die Trübungen der mit Neutronen bestrahlten Tiere dichter und außerdem bestand eine Differenz beim fotografischen Vergleich der eingebetteten Linsen bezüglich ihrer Lichtdurchlässigkeit, der Struktur und des Kerndurchmessers. Alle die Versuchsreihe mit 1, 4 N Tagesdosis überlebenden Tiere waren auf Grund der Linsenveränderungen erblindet.

HAM (68) stellte bei der Besprechung dieser Arbeit von EVANS (52) fest, daß der Vergleichsfaktor für den Linsenschaden zu hoch gewählt wurde, da zwischen

n Röntgenbestrahlungen eine Erholung des Gewebes zu erwarten ist, während
Neutronenstrahlung sehr ausgeprägte Kumulierungseffekte zeigt.

ßerdem haben COGAN u. Mitarbeiter (33) die Energie, die in der Linse bei
strahlung mit 500 r (1, 2 meV) und bei der mit 8, 4 x 10^9 Neutronen/cm^2
meV) freigesetzt wird, errechnet, da durch diese Dosen Katarakte gleichen
ades erzeugt werden konnten. Die freigesetzte Energie betrug für die obigen
sen bei der Röntgenbestrahlung 46, 5 x 10^3 Erg/cm^3 und für die Neutronen-
ahlung 4, 2 x 10^3 Erg/cm^3. Es zeigt sich somit, daß der Effekt der von ihnen
nutzten Neutronenstrahlung mehr als 10mal größer war, während CHRISTEN-
RRY u. FURTH (26) bei ihren Versuchen an Mäusen einen 2mal größeren Ef-
kt der langsamen Neutronen gegenüber der Röntgenstrahlung (250 kV, 2, 5 mA,
5 mm Cu) fanden.

nerell wird der korpuskulären Strahlung eine größere Wirkung auf die Zelle
s den Röntgenstrahlen zugesprochen. Aus den bereits angeführten Gründen
es aber nicht möglich, die Ergebnisse verschiedener Arbeiten aufeinander
zustimmen. Nur die Resultate der einzelnen Versuche können beim heutigen
and der Entwicklung und der Verbreitung der Strahlenquellen wie den unter-
hiedlichen Methoden der Dosimetrie als verbindlich angesehen werden, so
ß einzelne Beispiele zur Erläuterung dieser Frage aus der Fülle der Publika-
nen ausgewählt wurden.

Zur Frage der Empfindlichkeit der jugendlichen Linse

hr schwer fiel es immer dem Kliniker, die an einigen wenigen Fällen beobach-
te Tatsache und hypothetisch vertretene Anschauung der größeren Strahlen-
npfindlichkeit der jugendlichen Linse zu beweisen. Obgleich es nicht an Ver-
chen fehlte, statistisch diese Vermutung zu untermauern (MERRIAM u. FOCHT
21) u. a.), konnte doch erst 1955 MASUDA (115) hierzu ausreichende Unter-
gen durch seine Beobachtungen an den Atombombenopfern in Japan veröffent-
chen. Ferner gelang es PETER (133), COGAN u. DONALDSON (31), KANDORI
36), KROKOWSKI u. EHLING (96) u. a. auch im Tierexperiment dieses zu be-
ätigen, wenngleich auch die Zahl und das Material der Arbeiten, die zu die-
m Problem Stellung nehmen, gering ist.

ANDORI (86) bestrahlte 1 Monat und 3 Monate alte Ratten mit 1200 r. Bei
en 1 Monat alten Ratten fand er:

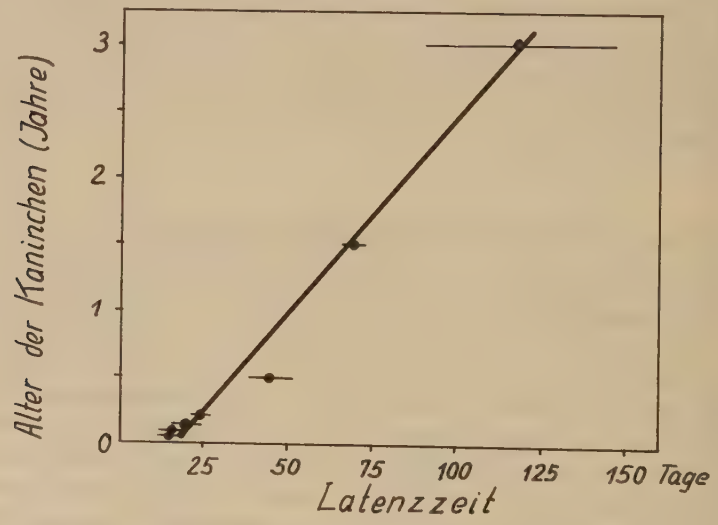
> Epilation am 22. Tage nach der Bestrahlung. Am 50. Tage leichte Trübung unter der vorderen Kapsel in der Peripherie und eine runde im Bereich des hinteren Pols. Die Katarakt war am 90. Tage matur.

Zum gleichen Zeitpunkt beobachtete er unter der vorderen Ka
eine Wasserspaltenfigur.

Bei den 3 Monate alten Ratten fand er:

Leichte Epilation am 28. Tage nach der Bestrahlung. Am 150.
Tage punktförmige Trübungen am hinteren Pol. Die Katarakt
war am 250. Tage matur.

COGAN u. DONALDSON (31) zeigten ebenfalls, daß die Latenzzeit der Kata
eine Relation zum Alter aufweist. Die Linse älterer Tiere blieb bei gleichen
strahlungsdosen für eine längere Zeit frei von Veränderungen. Bei 1500 r wur
3 Wochen alte Kaninchen zwischen dem 15. und 20. Tage, bei 4 Monate alt
nach 36 Tagen und bei 3 Jahre alten zwischen dem 100. und 150. Tage nach
der Bestrahlung Linsentrübungen gefunden. Die ihrer Arbeit entnommene grap
sche Darstellung gibt Aufschluß über die lineare Abhängigkeit des Eintritts de
Linsenveränderung vom Alter.



Nach KROKOWSKI u. EHLING (96) zeigen 20 Tage alte Kaninchen etwa 50 Ta
ge früher eine hintere Nahttrübung als 6 Monate alte, während bei 19 Monate
alten eine weitere Verlängerung der Latenzzeit um 15 Tage eintritt.

Bei der Besprechung der Abhängigkeit der Latenzzeit von der Dosis wurde be-
reits darauf hingewiesen, daß bei höheren Dosen die Latenzzeit unabhängig vo
der Dosis sich einer Minimalzeit nähert, also trotz Dosiserhöhung immer wiede
etwa die gleiche Latenzzeit bis zur Ausbildung der Linsenveränderung vorhande

. In den Versuchen von KROKOWSKI u. EHLING (96) zeigte sich dement-
echend, daß bei Dosen bis zu etwa 1000 r die Differenz der Latenzzeit der
Tage alten und der 6 Monate alten Tiere bedeutend größer war als im Do-
bereich von etwa 3000 bis 4000 r. Aus ihrer graphischen Darstellung ist so-
r die Tendenz einer asymtotischen Annäherung der für beide Altersklassen an-
gebenen Latenzzeit-Werte zu ersehen. wenngleich sich auch ihre Versuche
cht über Dosisbereiche erstreckten, die diese Annäherung verifizieren könnten.
arum bei der jugendlichen Linse die Linsenveränderungen früher nachweisbar
ıd als bei älteren Tieren, ist auch aus der Genese der Strahlenkatarakt zu er-
ären.

e größere Schädigung des Keimepithels bei der jugendlichen Linse konnte
rch die histologischen Untersuchungen von LORENZ u. DUNN (111) u. a. des-
eichen bestätigt werden.

zeigt sich somit, daß die von DESJARDINS (39) und vielen anderen Klinikern
rtretene Meinung: Die Radiosensibilität der Linse ist umgekehrt proportional
ım Alter, durch den Tierversuch bestätigt werden konnte.

III. ZUR GENESE DER STRAHLENKATARAKT

Seit der Zeit, da die lebhafte Diskussion über die Genese der Strahlenkatarakt entbrannte, standen sich im wesentlichen zwei grundsätzlich verschiedene Ansichten gegenüber. Die Verfechter beider Theorien griffen zur Vertretung ihr Standpunktes auf bekannte Forschungsergebnisse zurück; doch konnte erst in d letzten Jahren Klarheit über den Zusammenhang des Schädigungsablaufes du experimentelle Untersuchungen geschaffen werden. Während man auf der ein Seite den Linsenschaden als Folge einer indirekten Strahlenwirkung auffaßte, dem man eine durch die Bestrahlung der Gefäßhaut des Auges hervorgerufene Stoffwechselstörung als Ursache der Kataraktentstehung im Sinne der Cataract complicata annahm, vertraten andere Autoren die Ansicht, daß eine direkte Strahlenwirkung auf die Linse selbst die Ursache der Strahlenkatarakt ist.

Für eine indirekte Schädigung der Linse traten u. a. ein: AULAMO (9), VOGT (201, 203), de SCHWEINITZ (175), MILNER (124, 125), WOELFFLIN (207), DOLLFUS (40, 41), SCHEERER (167, 168), TSCHIRKOWSKI u. DYMSCHITZ (1 PAU (132).

LEBENSOHN (102), CLAPP (27), TALIERCIO (187), MEISNER (118, 119), PETH (133) u. a. konnten sich in ihrer Meinung nicht festlegen. Der Standpunkt der direkten Strahlenschädigung wurde u. a. vertreten von: TRIBONDEAU u. BELLE (196), BOSSUET (21), STARGARDT (179), ROHRSCHNEIDER (152), POLITZER (135), BUSACCA u. SIGHINOLFI (23) GRZEDZIELSKI (62), LEINFELDER u. KE (103), OKUSAWA (129), GOLDMANN u. LIECHTI (61), KRÜCKMANN (97), POPPE (137), v. SALLMANN (162), COGAN, DONALDSON u. REESE (34), sow im allgemeinen von allen Autoren, die in den letzten Jahren zu diesem Proble Stellung nahmen.

In vielen Fällen wurde von Vertretern der ersten Gruppe auf die Publikation vo BIRCH-HIRSCHFELD (15) 1904 zurückgegriffen. Dieser stellte nach der Bestrah lung im Experiment Gefäßveränderungen der Konjunktiva, Schlängelung der Ge fäße usw. fest. Daß seine Beobachtungen richtig waren und Allgemeingültigke besaßen, kann man vielen Berichten der in Tabelle I aufgeführten Autoren ent nehmen, die diese Veränderungen an der menschlichen Bindehaut beschreiben, wie auch wiederholt in Mitteilungen über Tierexperimente darauf hingewiesen wird.

Nun glaubte man, aus diesen Veränderungen der Konjunktiva Rückschlüsse auf das Organ machen zu können, das ebenfalls gefäßreich für den Stoffwechsel der Linse große Bedeutung besitzt, nämlich den Strahlenkörper, der zwangsläufig bei der Bestrahlung des Auges mitbestrahlt wird, und folgerte, daß auch an die-

n zumindestens ähnliche Veränderungen nach Bestrahlung eintreten müßten. stologisch konnte diese Annahme einer Strahlenschädigung des Ziliarkörpers doch nicht bestätigt werden (ROHRSCHNEIDER (149), GOLDMANN u. ECHTI (61), LEINFELDER u. KERR (103) u. a.).

ıß kein direkter Schaden der Linse im Falle der Strahlenkatarakt vorliegt, ırde ferner zum Teil damit begründet, daß sich keine Zeichen hierfür in gendeiner Form an der Linse nachweisen lassen.

i den histologischen Untersuchungen der Linse, die zu diesem Zweck durchführt wurden, konzentrierte man seine Aufmerksamkeit besonders auf die nsenfaser. Nach den in einem vorangegangenen Abschnitt besprochenen Verıderungen der Linsenfaser ist aber einmal das Bild so vielfältig, uneinheitlich ıd verwirrend und zum anderen wurden die Untersuchungen zumeist erst nach r Ausbildung einer sichtbaren Katarakt durchgeführt, so daß wohl die Faserränderung konstatiert, die Ursache der Linsenveränderung aus dieser aber cht erklärt werden konnte.

n weiteres Argument gegen die direkte Schädigung der Linse war die Latenzeit. WOELFFLIN (207) z.B. bemerkte "Im ganzen Bereich der Physiologie ist ıs kein einziger Fall bekannt, bei dem auf eine schädigende Ursache hin die irkung erst nach mehreren Jahren aufgetreten wäre". Er führt die verschieden nge Zeit bis zum Auftreten des Linsenschadens nach Bestrahlung auf ein verhiedenes physiologisches Verhalten der Linse bei den verschiedenen Versuchseren zurück.

bgleich man die Entstehung des Stars nach Bestrahlung der Linse mit infraoten und ultravioletten Strahlen als eine direkte Linsenwirkung ansah, lehnte an es bei den Röntgenstrahlen ab, da die Latenzzeit der Infrarotkatarakt ır ein paar Stunden, die der Ultraviolettkatarakt einige Tage und die der öntgenkatarakt im allgemeinen mehrere Jahre betrug.

eitere Verwirrung rief die Lokalisation der Röntgenkatarakt hervor. Da es erschiedene Starformen gibt, die ebenso wie der Strahlenstar eine vorwiegene Beteiligung der hinteren Linsenschichten aufweisen, versuchte man die Strahnkatarakt in eine dieser Stargruppen einzuordnen. Am meisten wurde die ataracta complicata, die auch die größte Ähnlichkeit mit dem Strahlenstar esitzt, angeführt. ROHRSCHNEIDER (152) u. a. konnten aber wesentliche Unerschiede und besonders andere ätiologische Merkmale aufzeigen, so daß letztich auch die Einordnung der Strahlenkatarakt in die Gruppe der Cat. complic. icht haltbar war.

AU (132) u. a. meinten, daß, wenn es eine direkte Schädigung der Linse geben ürde, diese in den vorderen Linsenabschnitten zuerst manifest werden bzw. der

Schaden in diesen Linsenteilen größer als in den hinteren sein müßte, da ein mal die Wirkung der Strahlen im allgemeinen mit zunehmender Gewebstiefe abnimmt und zum anderen die hintere Kapsel eine größere Bedeutung für den Linsenstoffwechsel hat, woraus sich wiederum ergibt, daß gerade die hinteren Linsenpartien besonders gut ernährt werden müßten und somit hier am allerwenigsten pathologische Veränderungen zu erwarten seien bzw. gerade hier d Schaden manifest werden müßte, wenn nicht eine direkte Schädigung, sonder eine indirekte über den Ernährungsstoffwechsel durch eine Permeabilitätsstöru der hinteren Kapsel anzunehmen ist.

Diese Ansichten sind, wie man erkennen kann, zum großen Teil Hypothesen, die nur in wenigen Fällen und dann auch nur unzureichend durch das Ergebnis des Experiments bewiesen werden konnten bzw. auf einer falschen Deutung de Versuchsergebnisse beruhen.

Wenn auch gelegentlich darauf hingewiesen wurde, daß durch histologische U tersuchungen keine Klärung des Problems der Strahlenkataraktgenese zu erwar ten sei, so zeigten doch die Untersuchungen verschiedener Autoren, daß gerad die histologischen Veränderungen der Linse nach der Bestrahlung bei richtiger Beurteilung, zu einem frühen Zeitpunkt nach der Bestrahlung und bei zweckbe dingter Versuchsanordnung mehr Einblick in den Schädigungsablauf geben, als man gemeinhin nach den vielen negativen Resultaten erwartet hatte.

GOLDMANN u. LIECHTI (61) wählten eine Versuchsanordnung, bei der im 1. Versuchsgang bei den Tieren ein Strahleneinfluß auf die peripheren Linsenpartien zusammen mit der Iris, im 2. bei den Tieren dieses Versuchsganges ein Strahleneinfluß auf die axialen Partien und im 3. Versuchsgang ein Einfluß auf die peripheren Partien ohne Iris ausgeschaltet wurde.

Durch Blenden wurden die einzelnen Linsenabschnitte vor den Strahlen geschütz Der Beweis für die Undurchlässigkeit der Blenden wurde durch auf die Hornhaut aufgetragenes Röntgenfilmverstärkungspulver geliefert.

Es zeigte sich, daß bei der Entstehung der Strahlenkatarakt die Gegend des Linsenäquators die ausschlaggebende Rolle spielt, denn nach der selektiven Bestrahlung dieser Partien mit 1500 r entstand bei den Versuchstieren eine Katarakt, bei der Bestrahlung der axialen mit 2000 r keine. Außerdem geht aus den Versuchen hervor, daß auch nach Abdeckung des Ziliarkörpers sich eine Katarakt entwickelte. Die Verfasser konnten somit als erste durch zweckmäßige Versuchsanordnung beweisen, daß nicht über den Umweg der primären Schädigung des Strahlenkörpers und einer nachfolgenden Ernährungsstörung die Strahlenkatar entsteht, sondern in irgendeiner Weise die Linse geschädigt wurde.

Wenn nach der Bestrahlung der axialen Partie keine Katarakt beobachtet wurde,

pricht dies nicht gegen die Zuverlässigkeit des Versuches, denn aus dem ausgegangenen ist bereits bekannt, daß durch von v. SALLMANN (157) u. a. hgeführten analogen Versuchen bekannt wurde, daß die zentralen Abschnit- es Linsenepithels weniger durch Strahlen geschädigt werden als die peripheren.

n Beispiel von GOLDMANN u. LIECHTI (61) folgend wählten auch andere oren den Weg der partiellen Linsenbestrahlung, um weitere Erkenntnisse über Entstehungsmechanismus der Strahlenkatarakt zu gewinnen (ALTER u.LEIN- DER (5), LEINFELDER u. RILEY (105), RICHARDS, RILEY u. LEINFELDER 2)).

Übereinstimmung zu den in der Klinik nach Bestrahlung, in Sonderheit nach Beta-Bestrahlung, beobachteten partiellen Staren konnte oben angeführte orengruppe experimentell Katarakte erzeugen, die nur in den bestrahlten enanteilen manifest wurden. Sie fand, daß unabhängig von der Dosis (bis 12000 r) sich eine Teilkatarakt in den bestrahlten Linsenanteilen ausbildete, ichgültig, ob nur ein Quadrant, zwei benachbarte oder zwei gegenüberlie- de bestrahlt wurden. Nach der Bestrahlung von drei Quadranten wurden nicht deutige Ergebnisse erzielt. Eine Linse trübte sich vollständig innerhalb von 4 naten nach der Bestrahlung. Vier weitere zeigten einen von Veränderungen en Quadranten, obgleich bei zwei von ihnen die Beobachtungszeit, die nor- lerweise in ihren Versuchen bis zur Ausbildung der Linsentrübung notwendig , verdoppelt wurde.

wurden nicht nur in abgeänderter Form die Versuche von GOLDMANN u. CHTI (61) bestätigt, sondern ein neuer Beweis für die direkte Schädigung Linse geliefert.

steht bisher fest:

1. Die Linse wird selbst geschädigt.
2. Eine partielle Katarakt ist unter bestimmten Bedingungen zu erzeugen und unter den gleichen Bedingungen zu reproduzieren.
3. Der Linsenschaden ist in Bezug auf seine flächenmäßige Ausdehnung nicht dosisabhängig.
4. Ob eine partielle oder eine sich über die ganze Linsenfläche ausdehnende Katarakt entsteht, hängt von dem Verhältnis der von den Strahlen getroffenen und der von den Strahlen nicht getroffenen Teile der Linse zueinander ab.

erhebt sich nun die Frage nach der Lokalisation der initialen Schädigung der se.

der Besprechung der histologischen Veränderungen nach der Bestrahlung wur-

de bereits auf diese Frage eingegangen. Primär wurde von OKUSAWA (129), v. SALLMANN u. Mitarbeiter (156 - 162), COGAN u. Mitarbeiter (31, 34, 3 LEINFELDER u. Mitarbeiter (103 - 105) u. a. eine direkte Schädigung der Epit zellen unter der Linsenvorderkapsel durch Strahlen beschrieben. Als besonders strahlenempfindlich erwies sich die germinative Zone des Epithels. Die gesch digten, jedoch nicht gänzlich abgetöteten Epithelzellen waren außerstande, g sunde Linsenfasern zu bilden, konnten sich nur zu abortiven Formen entwickel oder hatten ganz die Fähigkeit zum Längenwachstum verloren. Sie verließen den Kernbogen und wanderten in die Region des hinteren Pols ein. Dort legter sie sich der Kapsel an.

Nach KANDORI (87) ist aber nicht alleine das Einwandern der geschädigten Ze len nach dem Verlassen des Kernbogens in die Tiefe der Linse für sich allein typisch für die Strahlenschädigung, da dieses auch bei anderen Starformen auf tritt. Die Zellen müssen ebenfalls auch noch die beschriebenen histologischen Merkmale der Schädigung aufweisen.

IV. ZUSAMMENFASSUNG

ersten Teil der Arbeit wird berichtet über die Veröffentlichungen über die ahlenkatarakt, die durch Bestrahlung mit

a) Röntgenstrahlen,
b) natürlichen oder künstlichen radioaktiven Substanzen

stand.

der Auswertung der Zusammenstellung der Fälle zeigt sich, daß in 73 % der le Geschwülste der Anlaß zur Bestrahlung waren. Die Katarakt entstand in % der Fälle nach Bestrahlung des Auges selbst und seiner näheren Umgebung der, Konjunktiva, Tränensack, Orbita).

ner werden die Veröffentlichungen der Linsentrübungen

1. nach den Atombombenexplosionen in Japan,
2. nach beruflicher, gewerblicher Strahlenschädigung oder infolge von Unglücksfällen in Laboratorien

ammengestellt.

ausgewählten Beispielen konnte gezeigt werden, daß die Progredienz der tarakt eine Abhängigkeit zur Strahlendosis besitzt.

e klinischen Berichte über die Morphologie, die Frage der Dosisabhängigkeit d Latenzzeit werden zusammengefaßt und gegenübergestellt.

zweiten Teil der Arbeit wird an Hand ausgewählter Literatur über Tier-Verhe berichtet, die die Morphologie, die histologischen Veränderungen der se, die Frage der geringsten Schädigungsdosis, die Abhängigkeit der Veränrungen von der Dosis und der Qualität der Strahlen sowie die besondere Emndlichkeit der jugendlichen Linse zu klären beitrugen.

n Schluß werden die Auffassungen verschiedener Autoren zur Genese der ahlenkatarakt einander gegenübergestellt.

den ausgewählten Beispielen konnte gezeigt werden:

1) Die Morphologie des Strahlenstars ist charakteristisch.
2) Die Schwellendosis der Strahlenkatarakt ist ein relativer Begriff, der von der gewählten Untersuchungsmethode abhängt.
3) Die Linse wird durch Strahlen direkt geschädigt; der Angriffspunkt der Strahlen ist das Linsenepithel.

4) Die histologischen Veränderungen sind auf die Schädigung des Kapselepithels, insbesondere der germinativen Zone, durch strahlende Energie zurückzuführen.
5) Mit zunehmender Dosis wird eine größere Zahl an Zellen des Linsenepithels geschädigt; die Latenzzeit ist umgekehrt proportional zur Dosis; der klinische Befund ist um so massiver, je größer die Dosis ist.
6) Die jugendliche Linse weist eine größere Radiosensibilität auf.

LITERATURVERZEICHNIS

Abelsdorff: Die Wirkung des Thorium X auf das Auge. Klin. Monbl. f. Augenh. 18: 321, 1914

Abelson u. Kruger: Cyclotron induced radiation cataracts. Science 110: 655 (Dec. 16), 1949

Abersold u. Anslow: Phys. Rev. 69: 1, 1946 zit. n. Stone (183)

Adamantiadis: Ann. d'ocul. 169: 627, Ref. Klin. Monbl. f. Augenh. 89: 718, 1932

Alter u. Leinfelder: Roentgen X-ray cataract effects by shielding of the lens and ciliary body, A. M. A. Arch. Ophth. 49: 257, 1953

Antonibon: Ein Fall von beidseitiger Katarakt durch Röntgenstrahlen. Ref. Klin. Monbl. f. Augenh. 86: 429, 1931

Aschenheim: Schädigung einer männlichen Frucht durch Röntgenstrahlen. Arch. f. Kinderheilk. 68: 131, 1920

Ascher: Späte Röntgenschädigung der menschlichen Linse. Klin. Monbl. f. Augenh. 75: 776, 1925

Aulamo: Experimentelle Untersuchungen über die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf das Kaninchenauge. Klin. Monbl. f. Augenh. 86: 473, 1931

Axenfeld: Intraokulare Strahlentherapie, besonders beim Glioma retinae. Ber. d. Dtsch. Ophth. Ges. Heidelberg, 40: 396, 1916

Axenfeld: Schädigungen des Auges durch strahlende Energie. Klin. Wochenschr. p. 1887, 1928, II.

Bauer: ABC der Röntgentechnik. Georg Thieme, Leipzig 1948

Belley: Etude expérimentale l'action des rayons X sur l'oeil en voide développment. Thése de Bordeaux 1907

Biegel: Experimental ocular effects of high-voltage radiation from the betatron. Arch. of Ophth. 54: 392, 1955

Birch-Hirschfeld: Die Wirkung der Röntgenstrahlen u. Radiumstrahlen auf das Auge. Gräf. Arch. f. Ophth. 59: 229, 1904

Birch-Hirschfeld: Weiterer Beitrag zur Wirkung der Röntgenstrahlen auf das menschliche Auge. Arch. f. Ophth. LXVI: 104, 1907

17) Birch-Hirschfeld: Zur Wirkung der Röntgenstrahlen auf das menschlic
Auge. Klin. Monbl. f. Augenh. 46: 2, 129, 1908

18) Birch-Hirschfeld: Nochmals zur Schädigung des Auges durch Röntgen-
strahlen. Ztschr. f. Augenh. 50: 135, 1923

19) Blegvad: Verletzungen der Augen durch Radiumstrahlen.
Acta Ophth. 9: 32, 1931

20) Boles-Carenini u. Cima: Boll. ocul. 34: 143, 1955,
zit. n. Hirsch (74)

21) Bossuet: Experimentelle Untersuchungen über die Einwirkung
der Röntgenstrahlen auf die Linse.
Arch. f. Augenh. 64: 277, 1909

22) Bugher: Delayed radiation effects at Hiroshima and Nagasak
Nucleonics 10: 18 (Spt), 1952

23) Busacca u. Sighinolfi: 3. Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Linsenfasern.
Klin. Monbl. f. Augenh. 76: 896, 1926

24) Castroviejo: Vortrag im Fortbildungskurs f. Augenärzte,
München 1957

25) Chalupecký: Über die Wirkung der Röntgenstrahlen auf das Auge
und die Haut. Centralbl. f. prakt. Augenh. 21: 234,
267, 386, 1897

26) Christenberry u. Furth: Induction of cataracts in mice by slow neutrons
and X-rays. Proc. Soc. Exper. Biol. u. Med. 77:
559, 1951

27) Clapp: The effect of X-ray and radium radiations upon the
crystalline lens. Am. J. Ophth. 15: 1039, 1932

28) Cogan, Martin u. Kimura: Atom bomb cataracts.
Science 110: 654 (Dec. 16), 1949

29) Cogan: Lesion of the eye from radiant energy.
J. A. M. A. 142: 145 (Jan. 21), 1950

30) Cogan, Martin, Kimura u. Ikui: Ophthalmologic survey of atomic bomb
survivors. Tr. Am. Ophth. Soc. 48: 62, 1950

31) Cogan u. Donaldson: Experimental radiation cataracts. I. cataracts in
the rabbit following single X-ray exposure.
A. M. A. Arch. of Ophth. 45: 508, 1951

2) Cogan, Goffand u. Graves: II. Cataract in the rabbit following single exposure to fast neutrons. A. M. A. Arch. Ophth. 47: 584, 1952

3) Cogan, Donaldson, Goff u. Graves: III. Further experimental studiens on X-ray and neutron irradiation of the lens. A. M. A. Arch. Ophth. 50: 597, 1953

4) Cogan, Donaldson u. Reese: Clinical and pathological characteristics of radiation cataract. A. M. A. Arch. Ophth. 47: 55, 1952

5) Cogan u. Dreisler: Minimal amount of X-ray exposure causing lens opacities in the human eye. A. M. A. Archiv Ophth. 50: 30, 1953

6) Cremer: Röntgenkatarakt, deren Bedeutung und Verhütung, Strahlentherapie 36: 732, 1930

7) Curron, zit. n. Lane: Radium in ophthalmology. Ref. Zentralbl. 17: 814, 1927

8) Davids: Röntgenbehandlung bei experimenteller Tuberkulose des vorderen Augenabschnittes. Arch. f. Augenh. 99: 331, 1928

9) Desjardins: Action of roentgen rays and radium on eye and ear: Experimental data and clinical radiotherapy. Am. J. Roentgenol. 26: 643, 789, 1931

10) Dollfus: Komplikationen an den Augen bei Bestrahlungen. Ann. d'ocul. CLXXVII: 16, 1940, Ref. Klin. Monbl. Augenh. 115: 470, 1949

11) Dollfus: Cataract par radiation issues du cyclotron. Bull. Soc. Ophth. France, p. 459 (May 20) 1950

12) Mc Donald, Hughes u. Peiffer: Beta-radiation cataracts (Summary). Am. J. Ophth. 37: 646, 1954

13) Mc Donald, Hughes u. Peiffer: Beta-radiation cataracts. A. M. A. Arch. Ophth. 53: 248, 1955

14) Dor: Cataracte produite par les rayons X. Ann. d'ocul. 160: 591, 1923

15) Ehling u. Krokowski: Schäden durch Röntgenstrahlen am Kaninchenauge in Abhängigkeit von Dosis und Strahlenqualität. Fortschr. a. d. Gebiet d. Rö. -Strahl. u. d. Nuklearmed. 86: 469, 1957

46) Ehling u. Krokowski: Wachstumhemmung der Linse am röntgenbestrahlten Kaninchenauge. Fortschr. a. d. Gebiet d, Röntgenstrahlen u. d. Nuklearmed. 87: 221, 1957

47) Engelking: Augenärztlich wichtige Röntgenschäden der Frucht nach Bestrahlung Schwangerer. Klin. Monbl. f. Augenh. 94: 151, 1935

48) Erggelet: Augenschäden durch Röntgenstrahlen. Ztschr. f. Augenh. 64: 161, 1928

49) Erggelet: Zur Frage der Strahlenwirkung am Auge. Ber. d. Dtsch. Ophth. Ges. : 245, 1930

50) Evans, R. D.: Radioactivity units and standards. Nucleonics 1: 32 (Oct.) 1947

51) Evans, T. C.: Effects of small daily Doses of fast neutrons on mice Radiology 50: 811, 1948

52) Evans, T. C.: Fast neutron hazard. Nucleonics 4: 2, (March) 1949

53) Failla: Appl. Phys. 12: 279, 1941, zit. n. Ham (68)

54) Fischoeder: Über Schädigungen am vorderen Augenabschnitt durch Röntgenstrahlen an einem wegen Aderhautsarkoms bestrahlten Bulbus. Ztschr. f. Augenh. 44: 160, 1920

55) Fleischer: Ber. d. Ophth. Ges.: 362, 1928

56) Fleischer: Bericht über den Verlauf des vor 2 Jahren vorgestellten Falles von Gliombestrahlung. Klin. Monbl. f. Augenh. 83: 332, 1929 u. 86: 253, 1931

57) Flick: Ocular lesions following atomic bombing of Hiroshima and Nagasaki. Am. J. of Ophth. 31: 137, 1948

58) Friedell, Thomas u. Krohmer: Description of a Sr 90 betaray applicator and its use on the eye. Am. J. Roentgenol. 65: 232, 1

59) Frogé: zit. n. Desjardins (39)

60) Gasteiger u. Grauner: Über die Wirkung der fraktionierten Röntgenbestrahlung auf das Kaninchenauge. Arch. f. Augenh. 108: 498, 1934

61) Goldmann u. Liechti: Experimentelle Untersuchungen über die Genese des Röntgenstars. Arch. f. Ophth. 138: 722, 1938

) Grzedzielski: Zur Histologie der Röntgenkatarakt. Klin. Monbl. f. Augenh. 95: 360, 1935

) Gualdi: Contributo clinico e biomicroscopico allo studio della cataracta da radium e raggi roentgen. Ann. Oftalm. 58: 1057, 1930

) Guix-Melcior: Med. clin. (Barcelona) 24: 37, 1955 zit. n. Hirsch (74)

) Guttmann: Disk. Ber. Dtsch. Ophth. Ges.: 357, 1905

) Haik, Breffeilh u. Barber: Beta irradiation as a possible therapeutic agent in glaucoma: An experimental study with the report of clinical cases. Am. J. Ophth. 31: 945, 1948

) Haik, Wood, Richey u. Ellis: Cataract formation following beta-ray radium therapy. Am. J. Ophth. 38: 465, 1954

) Ham: Radiation cataract. A. M. A. Arch. Ophth. 50: 618, 1953

) Haybittle: Brit. J. Radiol. 26: 423, 1953, zit. n. Hirsch (74)

) Hempelmann, Lisko u. Hoffman: Acute radiation syndrome: A study of 9 cases and a review of the problem. Ann. Int. Med. 36: 279, 1952

) Herzau: Disk.:Klin. Monbl. f. Augenh. 46: 179, 1908

) Hippel: Über angeborenen Schicht- und Zentralstar durch Röntgenbestrahlung. Arch. f. Ophth. 65: 325, 1907

) Hirose: zit. n. Masuda (115)

) Hirsch: Zur Anwendung von Beta-Strahlen in der Augenheilkunde. Klin. Monbl. f. Augenh. 131: 776, 1957

) van d. Hoeve: Röntgenkatarakt. Zntrbl. Ophth. 45: 59, 1940

) Holm: Beschädigung des Auges bei Radiumbestrahlung der Nachbarschaft. Hospitalstidende Jg. 70, Nr. 48, 1927, Ref. Zntrbl. f. g. Ophth. Bd. 19: 835, 1927

) Holzknecht: Die ernsteren Röntgenschädigungen der Röntgenologen und ihre Therapie. Fortschr. Röntgenstrahlen 44: 78, 1931

) v. Horay: Katarakt nach Röntgenbestrahlung. Klin. Monbl. f. Augenh. 69: 136, 1922

79) v. Horay: Beitrag zur Röntgenschädigung des Auges. Klin. Monbl. f. Augenh. 76: 577, 1926

80) Hughes: Beta radiation therapy in ophthalmology. Trans. of Am. Ophth. Soc. 50: 469, 1953

81) Hunt: Cancer of the eyelid treated by radiation, with consideration of irradiation cataract. Am. J. Roentgenol. 57: 160, 1947

82) Iliff: Beta-ray radium applicator for ocular use. Preliminary report. Arch. Ophth. 38: 415, 827, 1947

83) Itschihara: Disk. Acta Soc. Ophth. Jap. Tom. 59, Fasc 7, p. 242, 1955

84) Jess: Über die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf das Auge Ber. d. Dtsch. Ophth. Ges. 47: 352, 1928

85) Kandori u. Masuda: Statistical observation of atom-bomb cataracts. Am. J. Ophth. 42: 212, 1956

86) Kandori: Studies on radiation cataract. I. determination of the threshold dose level of radiation cataract. Am. J. of Ophth. 41: 627, 1956

87) Kandori: II. Commentary on the radiation cataract. Am. J. Ophth. 41: 1006, 1956

88) Kimura u. Ikui: Atomic-bomb radiation cataract. Am. J. Ophth. 34: 811, 1951

89) Klaubner: Röntgenkatarakt. Klin. Monbl. f. Augenh. 97: 522, 1936

90) Kleiber: Disk. nach Erggelet, Ber. Dtsch. Ophth. Ges. Seite 252, 1939

91) Knapp, A.: A series of radium injuries to an eye. Arch. of Ophth. 7: 619, 1932

92) Knapp, P.: Weiterer Bericht über bestrahlte Augentumoren. Klin. Monbl. f. Augenh. 75: 464, 1925

93) Knapp u. Lüdin: Heilung eines Netzhautglioms durch Strahlenbehandlung. Klin. Monbl. f. Augenh. 83: 279, 1929

94) Knüpffer: Seltene Röntgenschäden am Auge und in seiner Umgebung. Klin. Monbl. f. Augenh. 116: 66, 1950

5) Krause u. Bond: Neutron cataracts. Am. J. Ophth. 34: 25, 1951

6) Krokowski u. Ehling: Die Entwicklung der Radiokatarakt in Abhängigkeit vom Alter. Fortchr. a.d. Gebiet d. Röntgenstrahlen u.d. Nuklearmedizin 88: 591, 1958

7) Krückmann: Über den histologischen Befund einer Röntgenkatarakt. Klin. Monbl. f. Augenh. 104: 621, 1940

8) Küstner: zit. n. Bauer (12)

9) Kumer u. v. Sallmann: Die Radiumbehandlung in der Augenheilkunde. J. Springer, Wien 1929

10) Kusama: zit. n. Peter (133)

11) Larkin: The distribution of radiation in the atomic bombing of Nagasaki. Am. J. Roentgen 55: 525, 1946

12) Lebensohn: Radiational cataract. Am. J. Ophth. 15: 953 (Oct), 1932

13) Leinfelder u. Kerr: Roentgen ray cataract: Experimental clinical and microskopic study. Am. J. Ophth. 19: 739, 1936

14) Leinfelder, Evans u. Riley: Production of cataracts in animals by X-ray and fast neutrons. Radiology 65: 433, 1955

15) Leinfelder u. Riley: Further studies of the effects of X-radiation on partially shielded lens of rabbit. A.M.A. Arch. Ophth. 55: 84, 1956

16) Le Roy: The medical sequelae of the atomic bomb explosion. Am. J. med. Assoc. 134: 1143, 1947

17) Levy: Chron. Hautekzem und Katarakt. Klin. Monbl. f. Augenh. 86: 681, 1931

18) Litricin u. Blagojevic: La cataracte par rayons X. Acta Medica Jugoslavia 10: 243, 1956

19) Löwenstein: Zur Radiumbestrahlung des Orbitalsarkoms. Klin. Monbl. f. Augenh. 80: 237, 1928

20) Lorenz, Heston, Eschenbrenner u. Deringer: Plutonium projekt: Biologic studies in the tolerance range. Radiology 49: 274, 1947

21) Lorenz u. Dunn: Ocular lesion induced by acute exposure of the whole body of newborn mice to roentgen radiation. Arch. Ophth. 43: 742, 1950

112) Maetane: zit. n. Masuda (115)

113) Maetane: Disk. Acta Soc. Ophth. Jap. Tom. 59, Fasc. 7, p. 242, 1955

114) Mashak: Relative effects of X-ray and neutrons on chromosomes in different parts of the "resting stage". Proc. Nat. Acad. Sc. 28: 29, 1942

115) Masuda: The recent clinical study of the radiation cataract in Hiroshima. Acta Soc. Ophth. Jap. Tom. 59, Fasc. 7, p. 235, 1955

116) Mayou: Disk. Proc. Roy. Soc. Med. Vol. XXIV, No. 6, April 1931, S. 761

117) Meesmann: Beitrag zur Röntgen-Radiumstrahlenschädigung der menschlichen Linse. Klin. Monbl. f. Augenh. 81: 259, 1928

118) Meisner: Radiumstrahlenwirkung im Kaninchenauge. Ber. d. Dtsch. Ophth. Ges. 44: 172, 1924

119) Meisner: Disk. Klin. Monbl. f. Augenh. 79: 549, 1927

120) Merriam: The effects of beta radiation on the eye. Radiology 66: 240, 1956

121) Merriam u. Focht: Clinical study of radiation cataract and the relationsh to dose. Am. J. Roentg. 77: 759, 1957

122) Meyer: Beitrag zur Entstehung des Röntgenstars. Klin. Monbl. f. Augenh. 114: 33, 1949

123) Michail: Augenschädigung bei der Röntgentherapie. Rev. stünt. med. 18: 1, 1929. Ref. Klin. Monbl. f. Augenh. 83 142, 1929

124) Milner: Two cases of irradiation cataract. Proc. of the Roy. Soc. of Med. 26, 2: 1041, 1933

125) Milner: Irradiation cataract. Brit. J. of Ophth. 18: 497, 1934

126) Moore: Cataract from exposure to X-rays. Proc. Roy. Med. Vol. XXIV, No. 6, April 1931, S. 759 u. Lancet 1: 137, 1931

127) Müller: Über Schädigungen des Auges durch Röntgenstrahlen. Inaugural-Dissertation. Greifswald Februar 1931

28) Nordmann: Die Empfindlichkeit der Linse für Röntgenstrahlen. Ann. d'ocul. 48: 560, 1931, Ref. Klin. Monbl. f. Augenh. 87: 868, 1931

29) Okusawa: Experimentelle Untersuchung über die durch Röntgenstrahlen verursachten Veränderungen des Linsenepithels. Klin. Monbl. f. Augenh. 92: 695, 1934

30) Pagenstecher: Strahlenwirkung auf das fötale Auge. Experimentelle Untersuchungen über die Entstehung der Netzhautrosetten. Ber. d. Ophth. Ges. 40: 447, 1916

31) Paton: Case of posterior cataract commencing subsequent to prolonged exposure to X-ray. Rev. Ophth. 27: 383, 1908, Ref. Klin. Monbl. f. Augenh. 47; 1: 196, 1909 Disk. Proc. Roy. Soc. Med. Vol. XXIV, No. 6, April 1931, S. 762

32) Pau: Die Permeabilitätskatarakt. Klin. Monbl. f. Augenh. 124: 1, 1954

33) Peter: Studien zur experimentellen Röntgen- und Radiumkatarakt. Arch. f. Ophth. 125: 428, 1930

34) Pfahler: Roentgenotherapy in sarcoma of the orbit. Am. J. Med. Assoc. 84: 87, 1925

35) Politzer: Über den Einfluß der Röntgenstrahlen auf die Regeneration der Linse. Arch. f. Entwicklungsmechanik 121: 39, 1930. Klin. Monbl. f. Augenh. 86: 691, 1931

36) Politzer: Experimentelle Untersuchungen zur Entstehung der Röntgenkatarakt. Gräf. Arch. f. Ophth. 157: 459, 1956

37) Poppe: Experimental investigations of the effect of roentgen rays on the epithelium of the crystalline lens. Acta radiol. 23: 354, 1942

38) Quick: Radium in vernal catarrh. Arch. of Ophth. 4: 212, 1930

39) Rados u. Schinz: Tierexperimentelle Untersuchungen über die Röntgenempfindlichkeit der einzelnen Teile des Auges. Arch. f. Ophth. 110: 354, 1922

40) Rauch: Über die Anwendung von X-Strahlen gewisser Intensität auf das Auge. Strahlentherapie 4: 471, 1914

141) Reese: Operative treatment of radiation cataract. Arch. Ophth. 21: 476, 1939

142) Richards, Riley u. Leinfelder: Lens changes following X-irradiation of single and multiple quadrants. Am. J. Ophth. 42: 44 (Oct. Pt. II) 1956

143) Richards, Evans u. Riley: Histologic changes in radiation cataracts in mice. Am. J. Ophth. 41: 1072, 1956

144) Robinson: Radium therapy in diseases of the eye and adnexa. Arch. of Ophth. 55: 328, 1926

145) Rodriquez-Barrios, Vazquez-Barriere u. Kasdorf: Arch. Soc. Oftalm. his. amer. 14 1231, 1954

146) Roesch: Vorstellung eines Pat. auf der Tagung der Münch. Ophth. Ges. 26.5.1939. Klin. Monbl. f. Augenh. 103: 558, 1939

147) Rohrschneider: Klinischer Beitrag zur Entstehung und Morphologie der Röntgenstrahlenkatarakt. Klin. Monbl. f. Augenh. 81: 254, 1928

148) Rohrschneider: Experimentelle Untersuchungen über die Veränderungen normaler Augengewebe nach Röntgenbestrahlung. I. Mitteilung: Zweck der Versuche, Definition der angewandten Röntgenbestrahlung. Arch. f. Ophth. 121 526, 1929
II. Mitteilung: Allgemeines über Röntgenstrahlenwirkung. Arch. f. Ophth. 121: 537, 1929

149) Rohrschneider: III. Mitteilung: Veränderungen der Linse, der Netzhaut und der Sehnerven nach Röntgenbestrahlung. Arch. f. Ophth. 122: 282, 1929

150) Rohrschneider: IV. Mitteilung: Röntgenempfindlichkeit der einzelnen Teile des Kaninchenauges bei einseitiger Bestrahlung. Arch. f. Ophth. 122: 383, 1929

151) Rohrschneider: Experimentelle Katarakt nach mehrfacher Bestrahlung mit kleinen Röntgenstrahlendosen. Ber. d. Dtsch. Ophth. Ges. 48 241, 1930

152) Rohrschneider: Untersuchungen über die Morphologie und Entstehung der Röntgenstrahlenkatarakt beim Menschen. Arch. f. Augenh. 106: 221, 254, 1932

53) Rohrschneider u. Glauner: Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung der fraktionierten und protrahierten Röntgenbestrahlung auf die Linse des Kaninchenauges. Arch. f. Ophth. 140: 700, 1939

54) Rollet u. Malot: zit. n. Desjardins (39)

55) Rossi: Disc. of radiation dosimetry. Am. J. Roentgenol. 64: 489, 1950, zit. n. Ham (68)

56) v. Sallmann u. Munoz: Experimental studies on early lens changes after roentgen ray irradiation. Trans. Am. Ophth. Soc. 68: 228, 1950

57) v. Sallmann: Experimental studies on early lens changes after roentgen irradiation. I. Morphological and cytochemical changes. A. M. A. Arch. of Ophth. 45: 149, 1951

58) v. Sallmann: III. Effect of X-radiation in miotic activity and nuclear fragmentation of lens epithelium in normal an cysteine-treated rabbits. A. M. A. Arch. Ophth. 47: 305, 1952

59) v. Sallmann, Munoz u. Drungis: Effects of the beta irradiation of the rabbit lens. A. M. A. Arch. of Ophth. 50: 727, 1953

60) v. Sallmann: Lens and ionizing radiation. XVII Concilium Ophth. 1954. Candada, USA. Acta Vol. II, S. 965

61) v. Sallmann, Tobias, Anger, Welch, Kimura, Munoz u. Drungis: Effects of high-energy particles X-rays, and aging of lens epithelium. A. M. A. Arch. of Ophth. 54: 489, 1955

62) v. Sallmann: The lens epithelium in the pathogenisis of cataract. Am. J. Ophth. 44: 159, 1957

63) Salus: Disk. Klin. Monbl. f. Augenh. 75: 776, 1925

64) Salzer: Über den Verlauf eines seit 3 Jahren mit Röntgenstrahlen behandelten Aderhautkarzinoms. Münchn. Med. Wochenschr. 68: 203, 1921

65) Sautter: Die Trübungsformen der menschlichen Linse, Georg Thieme Verlag 1951

166) Scardapane: Klinischer und experimenteller Beitrag zur Kenntnis der Augenläsionen durch X-Strahlen. Ref. Klin. Monbl. f. Augenh. 83: 143, 1929

167) Scheerer: Röntgenbestrahlung bei Uvealtuberkulose. Klin. Monbl. f. Augenh. 75: 27, 1925

168) Scheerer: Wie entsteht bei Lupuskranken, die mit Quarzlicht behandelt wurden, typischer Glasbläserstar? Klin. Monbl. f. Augenh. 77: 30, 1926

169) Schlaegel: Ocular histopathology of some Nagasaki atomic-bomb casualties. Am. J. Ophth. 30: 127, 1947

170) Schnyder: Untersuchungen über die Morphologie der Strahlenkatarakt und Mitteilung über das Vorkommen von glasbläserstarartigen Linsentrübungen bei Eisenarbeitern. Arch. f. Ophth. 116: 471, 1926

171) Schoenberg: A case of bilateral glioma of the retinae apparently arrested in the nonenucleated eye by radium. Arch. f. Ophth. 48: 485, 1919, Ref.: Klin. Monbl. f. Augenh. 65: 162, 1920

172) Schoji: Disc.: Acta Soc. Ophth. Jap. Tom. 59, Fasc. 7, p. 242, 1955

173) Scholtz: Über den Einfluß der Röntgenstrahlen auf die Haut in gesundem und krankem Zustand. Arch. f. Dermat. 59: 87, 241, 421, 1902

174) Schulz u. Heath: Lymphoma of the conjunctiva. Radiology 50: 500, 1948

175) de Schweinitz and Baer: A note on radiational cataract. College of physicians of Philadelphia. Scetion on Ophth. 19. 2. 193

176) Silson: Statistical analysis of data on effects of alpha particles, deuterons, and X-radiation on the rabbit lens, A. M. A. Arch. Ophth. 54: 510, 1955

177) Sinskey: The status of lenticular opacities caused by atomic radiation. Am. J. Ophth. 39: 285, 1955

178) Spear: Effective atomic number and energy absorption in tissues. Brit. J. Radiol. 19: 52, 1946

79) Stargardt: Versuche mit Throrium X am Auge. Ztschr. f. Augenh. 34: 195, 1915

80) Stock: Intrauterine Schädigung der menschlichen Linse durch Röntgenstrahlen. Klin. Monbl. f. Augenh. 49, I: 93, 1911

81) Stock: Strahlenbehandlung in der Augenheilkunde. Klin. Monbl. f. Augenh. 76: 542, 1926

82) Stock: Handbuch der Röntgentherapie, III. Teilband, Röntgenbehandlung in der Augenheilkunde, Georg Thieme Verlag 1928

83) Stone: The concept of a maximum permissible exposure. Radiology 58: 639, 1952

84) Stone: Neutron therapy and specific ionisation. Am. J. of Roentgenol. and Radium Therapy 59: 771, 1948

85) Stumpf: Technik und Erfolge der Strahlenbehandlung in der Ophthalmologie. Arch. f. Augenh. 90: 109, 1922

86) Schinz u. Rados: Tierexperimentelle Untersuchungen über die Röntgenempfindlichkeit der einzelnen Teile des Auges. Arch. f. Ophth. 110: 354, 1922

87) Taliercio: La cataratta da raggi X. Ann. d'ocul. e Clinica Oculistica LXVII: 104, (Febr.) 1939

88) Tamura, Ikui, Nakano, Hiwataschi u. Oschio: Atom bomb cataract. Ganka Rinsho Iho 40: 90, 1946

89) Terrien u. Ledoux-Lebard: zit. n. Desjardins (39)

90) Terrien: zit. n. Rohrschneider (152)

91) Tóth: Grauer Star infolge von Röntgenbehandlung. Klin. Monbl. f. Augenh. 108: 635, 1942

92) Tozuki: zit. n. Masuda (115)

93) Treacher: Disk.: Proc. Roy. Soc. Med. Vol. XXIV, No. 6, April 1931, S. 762

94) Treutler: Disk.: Ber. d. Dtsch. Ophth. Ges. : 338, 1905

95) Tribondeau u. Récamier: Alteration des yeux et du sequelette facial d'un chat nouveau-nés par roentgenesation. Compt. Rend. de la Soc. de Biol. 58: 1031, 1905 (17. 6. 05)

196) Tribondeau u. Belley: Cataracte expérimentale obtenue par roentgénisation de l'oeil d'animaux nouveau-nés. Compt. Rend. de la Soc. de Biol. 59: 126, 1907, Tome sec.

197) Tribondeau u. Lafargue: Action différente des rayons X sur le cristallin des animaux jeunes et des anumaux adultes. Compt. Rend. de la Soc. de Biol. 59: 716, 1907, Tome sec.

198) Tschirkowsky u. Dymschitz: Zur Morphologie der Katarakte bei der Linsenschädigung durch Strahlenenergie. Klin. Monbl. f. Augenh. 99: 122, 1937

199) Tschukahara: Disk.: Acta Soc. Ophth. Jap. Tom. 59, Fasc. 7, p. 242, 1955

200) Urbanek: Ztschr. f. Augenh. 53: 270, 1924

201) Vogt: Augenschäden durch die strahlende Energie. Klin. Monbl. f. Augenh. 85: 321, 1930

202) Vogt: Lehrbuch und Atlas der Spaltlampenmikroskopie des lebenden Auges. Der Röntgen- und Radiumstar. Bln. J. Springer, Vol. II, 709, 1931

203) Vogt: Röntgenkatarakt des zweiten Auges trotz Bleischutz des letzteren. Klin. Monbl. f. Augenh. 88: 247, 1932

204) de Vries: Strahlenbehandlung von Augenkrebs. Klin. Monbl. f. Augenh. 82: 145, 1929

205) Warren: Radiation cataracts, correspondence. J. A. M. A. 141: 407, 1949

206) Wilkinson: Cataract probably due to X-ray exposure. Am. J. of Ophth. 3: 435, 1920

207) Woelfflin: Über die zeitliche Abhängigkeit des Auftretens von Linsentrübungen bei Bestrahlung mittels verschiedener Wellenlängen. Klin. Monbl. f. Augenh. 101: 321, 19

208) Woods: Treatment of tuberculosis of the anterior portion of the eye with beta rays of radium. Arch. of Ophth. 22: 735, 1939

209) Ziegler: zit. n. Rohrschneider (152)

LEBENSLAUF

Ich, Manfred Hinterthaner, wurde am 2. Februar 1925 als Sohn des Kaufmanns Fritz Hinterthaner und seiner Ehefrau Charlotte, geb. Heinrich, in Königsberg (Pr) geboren. Vom 7. Lebensjahr ab besuchte ich die Volksschule, anschließend bis zur mittleren Reife die Steindammer Mittelschule und darauf die einjährige Städtische Höhere Handelsschule.

Im Frühjahr 1943 wurde ich zum Reichsarbeitsdienst, 3 Monate später zur Kriegsmarine eingezogen. Nach zweimaliger Verwundung gelangte ich im September 1944 in alliierte Kriegsgefangenschaft, aus der ich am 3. 2. 1948 entlassen wurde.

Von April 1948 bis September 1950 war ich als Dolmetscher am Strafgefängnis in Hannover tätig.

Am 14. 9. 1951 erhielt ich durch den Staatlichen Prüfungsausschuß am Niedersächsischen Kultusministerium das Zeugnis der Reife und begann mit dem Studium der Medizin im Wintersemester 1951 in Münster (Westf.). Nach 6 Semestern ging ich an die Ludwig-Maximilians-Universität in München und bestand dort am 23. Juli 1957 die ärztliche Prüfung.

Seit 1. August 1957 bin ich als Medizinal-Assistent an den Universitätskliniken in München tätig.

Ich bin seit dem 29. November 1957 verheiratet.